مكتبة الجيل الجديد

سلسلة العلوم المبسطة

-٦-

# الذرة والقنابل الذرية

للدكتور علي مصطفى مشرفه بك
عميد كلية العلوم بجامعة فؤاد الأول



عدد خاص

أكتوبر ١٩٤٥

الثمن ١٠ م

يطلب من سائر المكتبات فى مصر والأقطار الشقيقة
ومن جماعة النشر العلمى ٢ عدلى باشا القاهرة

# فهرس

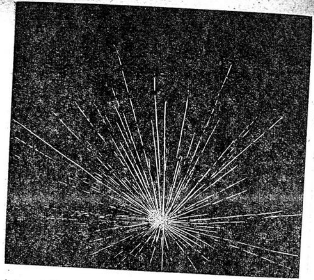
تأسف جماعة النشر العلمي لتأخر صدور هذا الكتاب إلى الآن . وسامح الله في ذلك وزارة التموين فهي صاحبة الحول والطول في الورق . .

وإنا لعلى ثقة من أن حضرات الذين أتعبهم كثرة السؤال وطول الانتظار لهذا الكتاب . . . سيجدون فيه وفي قوة مادته وغزارة محتوياته ، كما في سلاسة عرضه وطلاوة أسلوبه .

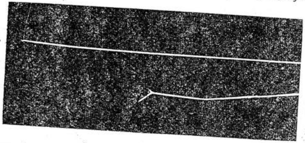
سيجدون في كل ذلك أعظم العوض وأجزل الجزاء .

م ١ .

# الذرة تتحطم !!



الصورة العليا يرى فيها القارىء ذرة اليورانيوم وهي تتحطم فتتناثر منها جسيمات ألفا تتحرك في خطوط مستقيمة، والسفلى صورة مكبرة لخطين من هذه الخطوط ! !



وأول من نجح في تصوير الذرات تصويراً فوتوغرافيا هو تشارلس ويلسون عام ١٨٩٩ وهاتان الصورتان منقولتان عنه .

# الذرة والقنابل الذرية

بسم الله الرحمن الرحيم

## مقـــدمة

فى كتابى «مطالعات علمية»[1] الذى نشر بالقاهرة عام ١٩٤٣ أنشأت فصلا تحت عنوان «تركيب الذرة» قلت فيه «لعل بعض حضرات القراء يشعر أنى إذ أتحدث إليهم عن الذرة، إنما أضيع عليهم الوقت فى الكلام عن صغائر الأمور. فالذرة باعتراف الجميع شىء صغير وإذن فهى فى عرف الكثيرين شىء ضئيل وتافه، لا يستحق أن نصرف الوقت والمجهود فى التحدث عنه. ولكى أنفى عن نفسى أية تهمة يمكن أن توجه إلى من هذا النوع أذكر أن الذرة وإن كانت صغيرة الجسم والوزن، إلا أنها عظيمة القوة شديدة القدرة فلو استطعنا أن نحصل على الطاقة الكامنة فى ذرات جرام واحد من المادة العادية لكفى مقدار هذه الطاقة لتحريك قطار وزنه مئات الأطنان حول الكرة الأرضية بأسرها».

وفى ٦ أغسطس سنة ١٩٤٥ أعلن كل من رئيس جمهورية الولايات المتحدة ورئيس الوزارة البريطانية أن القوة الجوية التابعة للجيش الأمريكى ألقت قنبلة على قاعدة الجيش اليابانى فى هيروشيما وأن هذه القنبلة قنبلة ذرية تزيد قوتها عن قوة عشرين ألف طن من أشد أنواع الديناميت فتكا. وقد كانت القوة المدمرة لهذه القنبلة فظيعة بدرجة لا يمكن وصفها، وكان أثرها واسع المدى، فقد قتل من كانوا خارج المنازل حرقا وقتل من كانوا داخلها بسبب الضغط والحرارة التى لا يمكن أن توصف شدتها. وفى يوم ٩ أغسطس

---

(١) انظر كتاب مطالعات علمية طبعة القاهرة سنة ١٩٤٣ صفحة ٣٨.

سنة ١٩٤٥ جاء فى بلاغ خاص أذاعه القائد العام للقوات الأمريكية الجوية فى المحيط الهادى أن قنبلة ذرية ثانية ألقيت صباح ذلك اليوم على ناجازاكى الميناء اليابانى الكبير ، وقد ورد فى التقارير عن هذه القنبلة أنها محت من الوجود ما يقرب من ميلين مربعين من مدينة ناجازاكى ودمرت جميع الأهداف الحربية فى تلك المدينة . ولا شك فى أن إلقاء هاتين القنبلتين كان له أثر هام فى تعجيل انتهاء الحرب فقد استسلمت اليابان يوم ١٥ أغسطس سنة ١٩٤٥ وأشار الميكادو فى إعلان إستسلامه إلى القنابل الذرية على أنها سبب من أسباب الاستسلام .

وفى مقال آخر لى فى نفس الكتاب المشار اليه آنفا تحت عنوان « علاقة المادة بالاشعاع » قلت « ومنذ سنة ١٩٣٦ حدث تقدم كبير فى استخدام النيوترونات لاحداث ما يسمى بالنشاط الاشعاعى الاصطناعى أو المكتسب . فقد وجد أن العناصر التى ليس لها نشاط اشعاعى ذاتى يمكن تحويلها إلى عناصر ذات نشاط إشعاعى مكتسب بتعريضها للنيوترونات المتحركة . ولا بأس من الاشارة هنا إلى ما حدث أخيراً من التوصل إلى قسمة أو فلق ذرة اليورانيوم بتعريضها لنيوترونات بطيئة ، فقد تمكن هاهن واشتراسمان(١) فى برلين من الحصول على عنصر الباريوم ووزنه الذرى ١٣٧ ، من عنصر اليورانيوم »

وأذكر أننى التقيت بدولة النقراشى باشا فى حفلة شاى أقامها المغفور له أحمد ماهر باشا بحديقة منزله عام ١٩٣٩ وكان معنا الدكتور فارس نمر باشا ، فدار الحديث حول الأحداث الدولية التى سبقت قيام الحرب فقلت عندئذ إن العمل الذى قام به هاهن واشتراسمان من فلق ذرة اليورانيوم

(١) Hahn & Strassmann



ربما كان أهم حدث فى أخبار العالم ، وأحسب أن كلامى حمل على أنه مغالاة فى تقدير العلم والعلماء . ولا شك فى أن التوصل إلى صنع القنبلة الذرية قد هز الناس هزا عنيفا فى أنحاء المعمورة وجعلهم يهتمون بأمر الذرة وتركيبها ، ويحفلون بشأن العلوم الطبيعية والبحوث العلمية ، ويتوقون إلى معرفة معنى النشاط الإشعاعى وغيره من الظواهر الذرية الأخرى التى أدى البحث فيها إلى صنع القنابل الذرية . ومقياس الناس فى ذلك إنما هو مقياس القوة فالعلوم الطبيعية فى نظرهم قد صارت هامة لأنها تسيطر على قوى عظيمة . ومع أننى وكل عالم لا نقر هذا المقياس ولا نزن الأمور بهذا الميزان إلا أننى رأيت من واجبى أن أنتهز فرصة اهتمام الرأى العام بأمر الذرة وتركيبها لأقدم للجمهور المثقف من قراء العربية هذا السفر المتواضع منتحيا فيه ناحية التبسيط والبعد عن التعقيد الفنى . وكل ما أرجوه أن أثير اهتمام الناس فى مصر والشرق العربى بهذه الناحية الشائقة من نواحى البحوث الطبيعية وأن أعمل على إنتشار العقلية العلمية بيننا ، تلك العقلية التى هى أساس كل تقدم إيجابى فى عصرنا الحديث .

## تمهيد

### الجوهر الفرد أو الجزء الذى لا يتجزأ :

إن البحث فى الذرة لم يكن الباعث عليه الرغبة فى استخدام القوة الكامنة فيها ، أو الاستفادة من الطاقة المدخرة بين ثناياها ، وإنما نشأ البحث فى الذرة وتركيبها كما نشأ البحث فى مختلف فروع العلم عن رغبة فى المعرفة نشأ عن أن العقل البشرى يميل بطبعه إلى دراسة الطبيعة وتفهم أسرارها ، يميل إلى دراسة الكون والتعرف على خفاياه وما استغلق من أمره . ففى الفلسفة الاغريقية القديمة نجد أن طاليس الذى عاش فى ميليتوس حوالى سنة ٦٠٠ قبل الميلاد يتكلم عن ضرورة وجود وحدة أساسية أو جوهر أولى تتألف منه المواد . كما نجد لوسيبوس وديموكريتوس ولوكريتيوس يتكلمون عن ذرات تتركب منها المواد المختلفة ويبحثون فى اختلاف هذه الذرات وتشابهها . وفى العصر العربى نجد الفلاسفة والمتكلمين يبحثون فى منطقية الجوهر الفرد والجزء الذى لا يتجزأ . كل هذه الأبحاث قد نشأت عن رغبة الانسان فى تفهم ما يحيط به من الظواهر الطبيعية وفى أن يدرك كنه هذه الظواهر إدراكا صحيحا .

وقد ظل البحث فى الذرات وخواصها فرعا من فروع الفلسفة الكلامية لا يكاد يتصل بالتجربة العملية بسبب حتى النصف الأول من القرن التاسع عشر . ففى ذلك العصر تقدمت دراسة الكيمياء تقدما كبيرا وازداد البحث والتنقيب ، وأجهدت القرائح فقام العالم الانجليزى جون دالتون باحياء رأى الأقدمين فى وجود الذرة ، ودلل على صحة هذا الرأى بنتائج التجربة فى التفاعلات الكيميائية ، ونشأت فكرة الجزىء الذى هو عبارة عن جملة ذرات مجتمعة معا فوضع علم الكيمياء على أساس منطقى مقبول .

### العناصر والمركبات — الذرات والجزيئات

وقد قسم دالتون(١) وأتباعه المواد التى نعرفها جميعا إلى قسمين ، وهما العناصر والمركبات ، وجعلها تتألف من ذرات العناصر مجتمعة على هيئة جزيئات . فالماء مثلا وهو أحد المركبات مؤلف من جزيئات الماء وكل جزىء من جزيئات الماء مؤلف من ذرتين من ذرات عنصر الأيدروجين وذرة من ذرات عنصر الأوكسجين . والأوكسجين الذى هو أحد العناصر مؤلف كذلك من جزيئات إلا أن كل جزىء فى هذه الحالة إنما يتألف من ذرتين متشابهتين من ذرات عنصر الأوكسيجين . بهذه الطريقة تمكن دالتون وأتباعه من إرجاع جميع المواد التى كانت معروفة عندئذ إلى نيف وسبعين عنصرا لكل واحد منها ذرة خاصة . أى أن العالم المادى بأسره قد أمكن تصوره على أنه مبنى من نيف وسبعين نوعا من أنواع الذرات .

وقد زاد هذا العدد حتى وصل فى الوقت الحالى إلى ثلاثة وتسعين عنصرا ، وإلى أواخر القرن الماضى كانت هذه الآراء تعرف بالفرض الذرى أو بالنظرية الذرية على اعتبار أنها نظرية علمية تفرضها علينا الحقائق التى نعرفها عن التفاعلات الكيميائية وتتفق مع هذه

(١) J. Dalton

الحقائق . ومن سوء الحظ أن كلمة أتوموس الاغريقية التى اشتق منها اسم الذرة فى معظم اللغات الحديثة معناها الحرفى ما لا يقبل التجزئة ، لذلك كان من الفكر الشائعة فى الأذهان أن الذرة لا تقبل التجزئة بعكس الجزىء الذى يقبل التجزئة إلى ذرات .

## نشأة البحث فى تركيب الذرة :

وفى أواخر القرن الماضى وأوائل القرن الحالى حدث تطور عنيف فى العلوم الطبيعية أدى إلى ثلاثة أمور جوهرية ، الأمر الأول أن الذرات قد أمكن تصويرها فوتوغرافيا واحدة واحدة ويجد القارىء على صفحة ٧ صورة فوتوغرافية للذرات متحركة . وبذلك تحول الكلام عن الذرات من مجرد فرض أو نظرية علمية إلى حقيقة واقعة ، أى أن كل شك فى وجود الذرة كوحدة مستقلة قد زال وصارت الذرة شيئا خاضعا للمشاهدة المباشرة له وجود خارجى . والأمر الثانى أن الذرة التى كان يظن أنها غير قابلة للتجزئة قد ثبت أنها تتجزأ فبعض الذرات ينفجر من تلقاء ذاته كذرات الراديوم واليورانيوم وغيرهما من العناصر ذات النشاط الاشعاعى والبعض الآخر يمكن تحطيمه أو تهشيمه بوسائل خاصة . ويرجع الفضل فى هذا التقدم إلى بيكيريل[١] وكورى[٢] ومدام كورى وأتباعهم فى فرنسا وإلى تومسون[٣] ورذرفورد[٤] وأتباعهما فى انجلترا . والأمر الثالث أن ذرات العنصر الواحد وهى التى كان يظن أنها متشابهة من جميع الوجوه قد ثبت أن بينها اختلافا فى الوزن دون أن يكون لذلك

---

(١) J. Becquerel
(٢) J. & P. Curie
(٣) J. J. Thomson
(٤) E. Rutherford



أى أثر فى خواصها الكيميائية أو فى طبيعة الاشعاع الصادر عنها ويرجع الفضل فى إثبات ذلك إلى صودى[١] وآستون[٢] وأتباعهما فى انجلترا . وبذلك تفتح أمام البشر عالم جديد هو عالم داخل الذرة ، ذلك العالم الذى ظل مغلقا مستعصيا إلى عهدنا الحالى ونشأ بحث بل نشأت مباحث عدة فى تركيب الذرة هى التى سأحاول أن أصف نتائجها فيما يلى .

---

(١) Saddy
(٢) Aston

# الفصل الأول

## ألفا – بيتا – جاما

### ألف – باء فى تركيب الذرة :

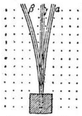
ألفا – بيتا – جاما أول حروف الهجاء فى اللغة الاغريقية والحروف الاغريقية ليست غريبة علينا إذ أن الحروف العربية نفسها قد رتبت على نسق الحروف الاغريقية فقيل أبجد هوز ... الخ . وإذن فإن ألفا – بيتا – جاما تقابل ألف – باء – جيم ولذلك فهى تصلح كنقطة ابتداء لتعلم لغة الذرة . وقد دخلت هذه الحروف فى لغة الذرة فى أواخر القرن الماضى عندما اكتشف اليورانيوم والراديوم وغيرهما من العناصر ذات النشاط الاشعاعى .

والذين رأوا الشريط السينمائى عن حياة مدام كورى يذكرون ذلك التوهج أو ذلك الاشعاع المنير فى الظلام الذى ظهر لمدام كورى عندما نظرت لأول مرة إلى عنصر الراديوم . وقد استرعى أمر هذه الأشعة نظر العالم العلمى فقام العلماء يحللونها ويدرسون خواصها وسميت الظاهرة بظاهرة النشاط الاشعاعى . فمن ذلك أنهم جعلوا هذه الأشعة تمر بمجال مغناطيسى فتحللت إلى ثلاثة أجزاء . انحرف أولها إلى جهة اليمين بفعل القوة المغناطيسية وانحرف ثانيها إلى جهة اليسار بفعل نفس القوة ومضى ثالثها فى سبيله لا يلوى



شيء . ولما لم يكن السبب فى ذلك واضحا فى أول الأمر فقد اكتفى العلماء بأن سموا الجزء الأول أشعة ألفا والجزء الثانى أشعة بيتا والثالث أشعة جاما تمييزا للواحد منها عن الآخر .

وقد أثبتت البحوث فيما بعد أن أشعة ألفا وأشعة بيتا ليستا أشعة بالمعنى العادى لهذه الكلمة ، فهما ليستا من نوع أشعة النور بل إن كلا منهما عبارة عن جسيمات صغيرة تحمل الكهرباء . فأشعة ألفا تحمل كهرباء موجبة ولذلك فهى إذا انحرفت إلى ناحية اليمين ( انظرشكل ١ ) فان أشعة بيتا التى تحمل كهرباء سالبة تنحرف إلى اليسار . أما أشعة جاما فليست جسيمات وبالتالى فهى ليست مكهربة وإنما هى أشعة بالمعنى العادى للكلمة تشبه أشعة النور وإنما تختلف عنها فى قصر موجتها ، وهى فى الواقع لا تختلف كثيرا عن أشعة إكس التى يعرفها كل منا ونستخدمها فى تصوير عظامنا وداخل أحشائنا . من أجل ذلك سميت الجسيمات المتحركة فى أشعة ألفا جسيمات ألفا وسميت الأخرى جسيمات بيتا .


الفا جما بيتا

( شكل ١ )

وسيرد ذكر جسيمات ألفا كثيرا فى هذا الكتاب ، ولذلك يحسن أن يتعرف القارىء على خواص هذه الجسيمات . فالجسيم الواحد من جسيمات ألفا لا يزيد وزنه على سبعة أجزاء من مليون مليون مليون مليون جزء من الجرام . والواقع أن وزن مليون مليون جسيم من جسيمات ألفا يساوى نحو ٦,٦ أجزاء من مليون مليون جزء من الجرام . ووزن جسيم ألفا أربعة أمثال وزن ذرة الأيدروجين التى هى أخف الذرات جميعا .

أما جسيم بيتا فوزنه أقل من ذلك بكثير ويساوى نحو جزء من ١٨٠٠ جزء من وزن ذرة الأيدروجين . والكهرباء التى يحملها جسيم ألفا ضعف كمية الكهرباء التى يحملها جسيم بيتا من حيث المقدار وهى كما قدمنا مخالفة لها فى النوع .

## تهشم الذرة وتناثر بعض أجزائها

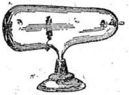
وقد ثبت أن ما نسميه النشاط الإشعاعى لليورانيوم والراديوم وأمثالها إنما هو تهشم ذرات هذه المواد وتناثر أجزائها . فذرة اليورانيوم ليست باقية على حالها وليست الأمور فى داخلها مستقرة كما هو الحال فى ذرات العناصر العادية ، فهى ذرة مضطربة منفجرة يعوزها الاتزان والاستقرار ، وتلك هى الميزة التى تميزها وأمثالها عن غيرها من الذرات. وإذا فهم القارئ ذلك فانه يفهم ببساطة أهمية دراسة الجسيمات التى تنبعث عن الذرة فى أثناء تهشمها وتحطمها . إذ أن هذه الجسيمات لابد داخلة فى تركيب الذرة فهى أجزاؤها أو أحشاؤها تنبئنا بما استقر فى باطنها . ونضرب لذلك مثلا . فنفرض أن بناء تهشم وتناثرت بعض أجزائه وأننا وجدنا بين هذه الأجزاء المتناثرة أحجارا من نوع معين ، فانه يحق لنا أن نحكم بأن هذه الأحجار داخلة فى تركيب هذا البناء . وهكذا الحال فى أمر الذرة .

## جسيمات بيتا أو الالكترونات :

وتمتاز جسيمات بيتا التى تنبعث من ذرات العناصر ذات النشاط الاشعاعى بأنها جسيمات شائعة فى جميع المواد منتشرة فى العالم المادى



انتشاراً عظيما . وقد سبق الكشف عنها الكشف عن اليورانيوم والراديوم . فالأنابيب الغازية من النوع المبين فى شكل ٢ إذا أمر فيها تيار كهربائى وكان ضغط الغاز قليلا صدر عن القطب السالب فيها (وهو الذى يسمى بالمهبط) أشعة تعرف بأشعة المهبط ثبت أنها مؤلفة من جسيمات بيتا .



( شكل ٢ )

والحصول على جسيمات بيتا من المادة أمر يسهل نسبياً ، فنحن إذا أحمينا سلكا معدنيا انبعثت منه هذه الجسيمات تحت تأثير قوة كهربائية جاذبة . بل إن مرور التيار الكهربائى فى سلك من النحاس إنما هو عبارة عن حركة هذه الجسيمات بين ثنايا مادته . فجسيمات بيتا إذن جزء أساسى من أجزاء المادة وقد أطلق على هذه الجسيمات اسم أقصر وأسهل هو إسم الالكترون ، ومعنى هذا أن جسيمات بيتا إن هى إلا إلكترونات . والفرق الأساسى بين جسيمات بيتا المنبعثة عن الذرة وبين الإلكترونات المتحركة فى أشعه المهبط إنما هو فرق فى السرعة ، فسرعة الا كترونات فى أشعة المهبط ربما وصلت إلى $\frac{1}{3}$ سرعة الضوء أو إلى نصفها ، ولكنها لاتزيد على ذلك . أما الإكترونات المنبعثة عن عنصر الراديوم فتصل سرعاتها الى ما لا يقل عن سرعة الضوء بأكثر من ١ ٪ .

## أول قنبلة ذرية

وما قيل عن الفرق بين السرعتين فى حالة الالكترونات يقال فى حالة جسيمات ألفا ، فجسيمات ألفا التى تستحدث صناعياً داخل الأنابيب الغازية

المفرغة ، والتى تعرف بأشعة القناة ، ربما تصل سرعتها الى جزء من مائة جزء من سرعة الضوء . أما جسيمات ألفا الصادرة عن عنصر الراديوم فتصل سرعتها إلى عشرة أمثال هذا المقدار . ولما كان وزن جسيم ألفا يعادل أربعة أمثال وزن ذرة الأيدروجين كما تقدم فان اجتماع وزنه وسرعته معا يجعله قذيفة لها خطرها إذا أطلقت على ، الذرات عاملة على تفتيتها . فهى بمثابة قنابل يمكن إطلاقها على ذرات العناصر فاذا اصطدمت بذرة اصطداماً عنيفا هزتها وربما طردت بعض أجزائها خارجها .

وأول من استخدم جسيمات ألفا كقنابل يطلقها على ذرات العناصر هو العالم الانجليزى اللورد رذر فورد أستاذ الطبيعيات بجامعة كامبردج . ونحن إذا وصفنا تجارب رذر فورد على انها إطلاق لقنابل ذرية فاننا لانقصد بالقنابل الذرية تلك القنابل التى ألقيت على هيروشيما وناجازاكى والتى سميت قنابل ذرية لأن طاقتها مستمدة من داخل الذرات . أما القنابل التى أطلقها رذر فورد داخل معمله فهى قنابل ذرية بمعنى أنها هى نفسها ذرات أو أجزاء من ذرات تطلق على الذرات . ولما كانت كتلة القنبلة التى هى جسيم ألفا لاتزيد على سبعة أجزاء من مليون مليون مليون مليون جزء من الجرام كما قدمنا فإن أبحاث رذر فورد لم تسترع إلا انتباه العلماء الذين يقيسون الأمور بمقياس المنطق والمعرفة وليس بمقياس القوة الغاشمة . ومع ذلك فان قنابل رذر فورد الذرية المتناهية فى الصغر والضآلة هى التى فتحت خزائن الطاقة الذرية لمن يريد أن يستخدمها فى التخريب والتدمير .



### النتيجة الأولى لأبحاث رذر فورد — النواة

وحتى عام ١٩١١ لم يكن العلماء يعرفون إلا القليل عن طريقة اجتماع أجزاء الذرة فى داخلها . فالذرة تحتوى على جسيمات مكهربة ولكن كيف تأتلف هذه الجسيمات ؟ وهل تجتمع كلها فى حيز صغير فتوزع فيه توزيعاً منتظماً ؟ وإذا كان التوزيع غير منتظم فبأى كيفية هو ؟ .

وقد أدت بحوث رذر فورد إلى نتيجة هامة لا تزال ترشد الباحثين إلى يومنا هذا . ألا وهى أن الذرة مؤلفة من نواة أصغر كثيرا من الذرة ذاتها تحيط بها إلكترونات تتحرك فى فضاء يحيط بالنواة . فالذرة عبارة عن نواة تحيط بها إلكترونات . والالكترونات خارجية فى تركيب الذرة أى أنها تشغل الجزء الخارجى فيها . أما النواة فهى المركز الذى تجتمع حوله الذرة . والنواة هى التى تتركز فيها مادة الذرة بحيث يكون وزن النواة مساوياً تقريباً لوزن الذرة بأكملها ولا يقل عنه إلا قليلا . والسبب فى ذلك أن الجزء الخارجى من الذرة وهو الالكترونات خفيف جداً ، وقد سبق القول إن وزن الالكترون لايزيد عن جزء من ١٨٠٠ جزء من وزن أخف ذرة نعرفها وهى ذرة الأيدروچين . فأبحاث رذر فورد هى التى أكدت للعلماء أن لكل ذرة نواة تحتوى على الجزء الأعظم من وزن الذرة . ويختلف عدد الالكترونات المحيطة بالنواة باختلاف الذرات : فذرة الأيدروجين لها نواة يحيط بها الكترون ، وذرة الهيليوم لها نواة يحيط بها الكترونان اثنان ، وذرة الحديد لها نواة يحيط بها ستة وعشرون الكترونا وهكذا . ولا يزيد قطر النواة عن جزء من عشرة آلاف جزء من قطر الذرة نفسها . أما قطر الذرة فيتراوح بين جزء من مائة مليون

(١) تمييزا له عن الايدروجين الثقيل الذى سيأتى الكلام عنه فيما بعد .

جزء وجزء من عشرة ملايين جزء من السنتيمتر .

وقد ثبت أن جسيمات ألفا إن هى إلا نوى عنصر الهيليوم كما أطلق اسم البروتون على نواة الأيدروجين الخفيف . واستخدمت البروتونات فى مهاجمة الذرات بنفس الطريقة التى استخدمت بها جسيمات ألفا . إلا أنه لما كان وزنها يعادل ربع وزن جسيمات ألفا فإن مقدرتها على تجزئة النواة تكون أقل تبعاً لذلك . ويحمل البروتون نصف مايحمله جسيم ألفا من الكهرباء الموجبة وهذا يساوى فى المقدار ويخالف فى النوع ما يحمله الالكترون .

### النتيجة الثانية لأبحاث رذرفورد — تحويل العناصر :

عندما أطلق رذرفورد جسيمات ألفا على غاز الأزوت تحقق حلم قديم للكيميائيين ، ألا وهو تحويل العناصر الواحد منها إلى الآخر . والذى حدث هو أن جسيم ألفا دخل فى تكوين نواة الأزوت وخرج من النواة فى الوقت ذاته بروتون . فتحولت النواة من نواة أزوت الى نواة أوكسجين . ومع أن تحول العناصر من عنصر إلى آخر كان معروفاً فى دائرة العناصر ذات النشاط الاشعاعى كالراديوم ، إلا أن هذه الظاهرة كانت محدودة النطاق . أما تحويل عنصر مثل عنصر الأزوت إلى عنصر آخر مثل عنصر الأوكسجين فلم يكن فى طاقة البشر . والتجارب التى أجراها رذر فورد لم تكن تجارب كيميائية ، فالتحويل إنما حدث لعدد قليل من الذرات بحيث تعجز الوسائل الكيميائية عن امتحانه أو التعرف عليه ، ومع ذلك فقد برهن رذر فورد وأتباعه على أن ذرة الأزوت قد تحولت فعلا الى ذرة الأوكسجين . وبذلك بدأ عصر جديد فى علم الطبيعة وعلم الكيمياء على حد سواء .



# الفصل الثانى

# الأرقام الذرية وتركيب الذرة

### ترتيب الذرات — جداول مندليف :

من المعلوم أن العالم الروسى مندليف[١] وضع فى عام ١٨٦٩ جدولا للعناصر رتبها فيه وفق أوزانها الذرية ، فوضع الايدروجين وهو أخف العناصر أولا يليه الهيليوم ثم الليثيوم ثم البريليوم ثم الكربون ثم الازوت ثم الاوكسيجين وهكذا . ولم يضع مندليف العناصر فى قائمة رأسية بل إنه رتبها على صورة جدول شبيه بجدول الضرب له خانات أفقية وأخرى رأسية وجعل عدد الخانات الأفقية ثمانية ، فإذا انتهى من خانة أفقية رجع إلى أول الخانة التى تليها وبهذه الطريقة أنقسمت العناصر إلى مجموعات أو أسر تقع كل أسرة فى خانة رأسية واحدة . فمن ذلك أن عنصر الفلور وعنصر الكلور وكذلك البروم واليود تقع كلها فى خانة رأسية واحدة . وكذلك يقع الليثيوم والصوديوم والبوتاسيوم والروبيديوم والسيزيوم فى خانة أو أسرة أخرى .

وقد وجه مندليف النظر إلى أن أعضاء الأسرة الواحدة تتشابه فيما بينها فى خواصها الكيميائية ومعنى هذا أن الخواص الكيميائية للعناصر تتكرر تكرارا دوريا كل ثمانية عناصر . فالعنصر الثانى يشبه العنصر العاشر والثامن عشر وهكذا ، والعنصر الثالث يشبه الحادىعشر والتاسع عشر

(١) Mendeléeff

وهكذا ، ولعل هذا يذكر بعض القراء بما يحدث فى السلم الموسيقى الذى تتكرر خواصه كلما انتقلنا من قرار الى جواب ثم الى جواب الجواب وهكذا . ومع أن جداول مندليف الدورية لم تكن لها صفة الكمال فلاشك فى أنها ساعدت على تقدم البحث ، حتى لقد أدت إلى اكتشاف بعض العناصر الجديدة لخلو أماكنها فى الجدول . وقد وضع مندليف أمام كل عنصر فى الجدول الرقم الذى يدل على وزنه الذرى متخذا الأيدروجين مثقالا للذرة . ثم وجد العلماء بعد ذلك أن من الأنسب إستخدام مثقال آخر يساوى ١/١٦ من وزن الاوكسيجين وهذه الوحدة الجديدة للقياس تقل عن سابقتها بنحو ثمانية أجزاء فى الألف جزء ، وتمتاز بأن الأوزان الذرية للعناصر تكون قريبة من الأعداد الصحيحة .

## منطق الارقام

ومما يحكى أن الأستاذ مندليف عندما ألقى بحثه عن جداوله الذرية أمام المجمع العلمى الروسى اعترض عليه أحد الحاضرين فى شىء من السخرية متسائلا لماذا لم يرتب الأستاذ مندليف العناصر حسب الحروف الهجائية لأسمائها ، ثم يبحث عن التشابه فى خواصها على هذا الأساس . والواقع أن الأنسان ليعجب من هذه المقدرة الهائلة التى تتسلط بها الأرقام على الطبيعة . وترتيب العناصر من ١ إلى ٨ ثم من ٩ إلى ١٦ ثم من ١٧ إلى ٢٤ وهكذا مسألة عددية بحته ، ومع ذلك فالتشابه بين عنصرين كالصوديوم والبوتاسيوم فى خواصهما الكيميائية حقيقة واقعة فى العالم المادى تظهر لنا بعيدة كل البعد عن حساب الأعداد والأرقام . ومنطق الأرقام فى جداول مندليف منطق مقنع وهو فى الوقت ذاته



منطق منتج يؤدى إلى تقدم العلم والمعرفة البشرية .

## الأرقام الذرية وعدد الالكترونات الخارجية :

سبقت الاشارة إلى أن ذرة كل عنصر من العناصر مؤلفة من نواة يحيط بها عدد من الالكترونات . والسؤال الذى يتبادر إلى الذهن هو ما هو عدد الالكترونات التى تحيط بالنواة فى كل عنصر من العناصر ؟ والعلم مدين فى الاجابة عن هذا السؤال لشاب انجليزى قتل فى الحرب الماضية ولم يبلغ من العمر اثنتين وعشرين سنة اسمه موزلى[١] . فقد وجد موزلى من أبحاثه فى أشعة اكس الصادرة عن العناصر المختلفة أن عدد الالكترونات المحيطة بالنواة مساو دائما للرقم الذرى للعنصر ، وهى حقيقة تجمع بين البساطة المتناهية والقوة النافذة . ومعنى هذا اننا إذا رتبنا العناصر تبعا لأوزان ذراتها من الأخف إلى الأثقل وهكذا ، ثم رقمناها ترقيما متسلسلا ، فإن الرقم المقابل لكل عنصر يساوى عدد الالكترونات المحيطة بنواة الذرة . وفيما يلى قائمة تحتوى على الاثنى عشر عنصرا الأولى فى جدول العناصر وأمام كل عنصر الرقم الدال على ترتيبه فى الجدول الذى هو نفسه الرقم الدال على عدد الالكترونات المحيطة بالنواة .

| اسم العنصر | الايدروجين | الهيليوم | الليثيوم | البريليوم | البورون | الكربون | الأزوت | الأوكسيجين | الفلور | النيون | الصوديوم | المغنسيوم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عدد الالكترونات المحيطة بالنواة | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ | ٧ | ٨ | ٩ | ١٠ | ١١ | ١٢ |

ويسمى رقم العنصر فى جدول العناصر « الرقم الذرى » ويكون معنى قانون موزلى أن الرقم الذرى يساوى عدد الالكترونات المحيطة بالنواة .

(١) H. G. J. Moseley

## طبقات الالكترونات :

ولم تقف بحوث موزلى عند إثبات هذا القانون الهام بل إنه توصل الى معرفة طريقة توزيع الإلكترونات حول النواة فوجد أنها تقع فى طبقات طبقة داخلية تحيط بها أخرى ثم أخرى وهكذا . واستخدمت الحروف اللاتينية K ، L ، M .. الخ .. للدلالة على هذه الطبقات ولا بأس من استخدام الحروف ك ، ل ، م ، الخ .. فى لغتنا لهذا الغرض . فنتكلم عن طبقة ك أو الطبقة الكافية للدلالة على طبقة الإلكترونات الداخلية التى هى أقربها للنواة ، وطبقة ل أو اللامية للتى تليها وهكذا . ومن ألذ البحوث العلمية البحث فى توزيع الإلكترونات بين الطبقات المختلفة وعلاقة ذلك بالاشعاع الصادر عن الذرة . وقد وجد أن لكل طبقة عددا ثابتا من الإلكترونات هو أكبر عدد يجوز أن يحل فى هذه الطبقة ، فالطبقة الكافية لها إلكترونان اثنان والطبقة اللامية ثمانية والطبقة الميمية ١٨ والنونية ٣٢ ثم يتناقص العدد بعد ذلك إلى الطبقات الخارجية .

## الرقم الذرى وخواص الذرة :

ويحدد الرقم الذرى للعنصر خواصه الكيمائية والإشعاعية تحديدا يكاد يكون تاما . فالعبرة فى خواص العنصر ليست بوزنه الذرى ولكن برقمه الذرى . هذه حقيقة كان لها أثر عظيم فى تطور البحث وجهت العلماء توجيها منتجا فى موضوع اختلاف ذرات العنصر الواحد . فقد كان المفروض حتى أوائل القرن الحالى أن ذرات العنصر الواحد كلها متشابهة من جميع الوجوه وخاصة متساوية فى الوزن واعتبر الوزن الذرى للعنصر مساويا لوزن ذرته . وهو أمر بديهى إذ لا معنى للكلام عن الوزن الذرى إذا لم نقصد به وزن الذرة .



وكان المفهوم أن الخواص الكيمائية للعنصر تتحدد بوزنه الذرى ، فلما عرف أن الرقم الذرى هو الذى يحدد خواص العنصر نشأ البحث فى تشابه ذرات العنصر الواحد واختلافها وهل يجوز أن تتفق ذرتان فى الرقم الذرى مع اختلافهما فى الوزن . والرقم الذرى هو عدد الالكترونات المحيطة بالنواة أما وزن الذرة فهو ثقل النواة ذاتها التى تحتوى على جل مادة الذرة كما سبق الاشارة . وقد بدأ الشك يتطرق إلى الاعتقاد فى تشابه ذرات العنصر الواحد من حيث الوزن ونشأ هذا الشك من الناحية التجريبية من دراسة العناصر ذات النشاط الإشعاعى .

## كهرباء النواة .

وقبل البحث فى موضوع النشاط الإشعاعى وعلاقته بوزن الذرة ورقمها سأشير إلى حقيقة بسيطة لابد للقارىء أن يدركها إن لم يكن قد أدركها من تلقاء نفسه . فالذرة عبارة عن نواة يحيط بها عدد من الإلكترونات يساوى الرقم الذرى للعنصر . وكل إلكترون من الإلكترونات يحمل كمية معينة من الكهرباء السالبة . وقد قام الباحثون فى أوائل القرن الحالى بقياس هذه الكمية قياسا مضبوطا وبرهنوا على أن جميع الإلكترونات تحمل نفس الكمية من الكهرباء حتى لقد صارت هذه الكمية وحدة ثابتة من وحدات علم الطبيعة . ولعل أدق من قاسوا هذه الوحدة العالم الامريكى ميليكان (١) فوجد أنها تساوى ٤ر٧٧٤ من عشرة الاف مليون جزء من وحدات الكهرباء الاستاتيكية . فإذا اتخذنا هذه الكمية وحدة للقياس فإن الإلكترون الواحد يحمل وحدة منها ، والإلكترونان يحملان

(١) R. A. Millikan

وحدتين وهكذا . وإذن فالإلكترونات المحيطة بالنواة تحمل عددا من هذه الوحدات الكهربائية يساوى عدد الإلكترونات . ولما كانت الذرة فى مجموعها متعادلة من الناحية الكهربائية وجب أن تحمل النواة عدداً من الوحدات الكهربائية الموجبة يساوى عدد الالكترونات المحيطة بها وذلك لكى تتعادل الكهرباء الموجبة والكهرباء السالبة للذرة .

فنواة الذرة إذن تحمل كهرباء موجبة تزداد بازدياد الرقم الذرى ومعنى هذا أن نواة الأيدروجين تحمل وحدة من الكهرباء الموجبة ونواة الهيليوم تحمل وحدتين والليثيوم ثلاث وحدات وهكذا .

## عود إلى النشاط الإشعاعى

وهنا نعود بالقارى. إلى ظاهرة النشاط الاشعاعى وننظر فى شىء من التفصيل إلى ما يحدث لذرة اليورانيوم أثناء تجزئها . فاليورانيوم الذى يرمزله بالرقم ١ عدده الذرى ٩٢ وإذن نواته تحمل اثنين وتسعين وحدة من وحدات الكهرباء الموجبة . ويخرج من نواة ( اليورانيوم ١ ) جسيم ألفا فيتحول إلى ما يسمى ( يورانيوم س ١ ) ولما كان من المعلوم أن جسيم ألفا يحمل وحدتين من الكهرباء الموجبة فإن كهرباء النواة تنقص لذلك بمقدارهاتين الوحدتين فيصير رقمه الذرى ٩٠ بدلا من ٩٢ ثم يتحول ( يورانيوم س ١ ) إلى ( يورانيوم س ٢ ) بخروج جسيم بيتا من نواته ويتحول هذا الأخير إلى ( يورانيوم ٢ ) بخروج جسيم بيتا آخر . ولما كان كل جسم من الجسيمين بيتا يحمل وحدة من الكهرباء السالبة ، فإن عدد وحدات الكهرباء الموجبة التى تحملها النواة يعود إلى ما كان عليه أى يصير ٩٢ وحدة . وإذن فأمامنا ذرتان ذرة ( يورانيوم ١ ) وذرة ( يورانيوم ٢ ) متساويتان فى رقمهما الذرى وهو ٩٢ ومع ذلك



فإننا نعلم علم اليقين أن وزن ذرة ( اليورانيوم ٢ ) أقل من وزن ذرة ( اليورانيوم ١ ) بمقدار أربع وحدات من وحدات الوزن الذرى وذلك بسبب خروج جسيم ألفا الذى وزنه يساوى أربعة وحدات . فالذرتان ( يورانيوم ١ ) و ( يورانيوم ٢ ) متساويتان فى رقمهما الذرى ويختلفان فى وزنهما .

ولما كانت الخواص الكيميائية والإشعاعية للذرة لاتتوقف إلا على رقمها الذرى وجب أن نسلم بأن ( اليورانيوم ١ ) و ( واليورانيوم ٢ ) ذرتان لعنصر واحد :

## اختلاف ذرات العنصر الواحد فى الوزن - أصناف العنصر :

وقد دلت الأبحاث التى قام بها صودى وآستون وغيرهما على أن كل عنصر من العناصر له ذرات مختلفة فى الوزن مع تساويها فى الرقم الذرى . فعنصر الأوكسجين مثلا له ذرة وزنها ١٦ وأخرى وزنها ١٧ وثالثة وزنها ١٨ والرقم الذرى لكل واحدة من هذه الذرات المختلفة ٨ وتسمى المواد المتحدة فى خواصها الكيمياء والإشعاعية وفى الرقم الذرى لذراتها مع اختلافها فى الوزن الذرى تسمى هذه المواد أصناف العنصر[١]. فعنصر الأوكسجين إذن له ثلاثة أصناف ، وقد يصل عدد أصناف العنصر الواحد إلى عشرة كما هو الحال فى عنصر القصدير . وتختلف النسب المئوية لأصناف العنصر الواحد فبعضها يوجد بنسب عالية والبعض بنسب ضئيلة . فعنصر السيليكون مثلا توجد له ثلاثة أصناف أوزانها الذرية ٢٨ ، ٢٩ ، ٣٠

---

(١) Isotopes

على التوالى إلا أن نسبة وجود الصنف الأول فى العنصر ٨٩,٦ ٪ والثانى ٦,٢ ٪ والثالث ٤,٢ ٪ .

## ميزان الذرات أو مطياف الكتلة :

وإذا كانت أصناف العنصر الواحد لا تكاد تختلف فى خواصها الكيميائية ولا الإشعاعية فكيف أمكن التوصل إلى معرفة ما بين ذراتها من اختلاف فى الوزن ؟ إن أصناف العنصر الواحد تكوّن مركبات متشابهة فى خواصها الكيميائية ولذلك كان من الضرورى استحداث طرق خاصة لفصلها وتفريقها . أما طريقة التحليل الطيفى على ما انطوت عليه من قدرة ونفاذ فإنها تعجز عن التفرقة إلا فيما ندر . فذرة الليثيوم التى وزنها ٦ وذرة الليثيوم التى وزنها ٧ لهما طيفان متشابهان من جميع الوجوه وإن شئت فقل إنه طيف واحد . وإذن فلا يمكن الاعتماد على الخواص الكيميائية ولا على المطياف (١) الضوئى فى التمييز بين أصناف العنصر الواحد .

وقد استخدم طومسن وآستون وصودى جهازا مستحدثا لقياس الذرة اطلقوا عليه اسم مطياف الكتلة (٢) أمكن بوساطته قياس أوزان الذرات بدرجة عالية جدا من الدقة . والأساس الذى بنيت عليه طريقة هذا المطياف هى مرور الذرات المكهربة فى مجال كهربائى مغناطيسى فتسير الذرات فى مسارات منحنية يمكن حسابها بغاية الدقة بتطبيق قوانين علم الميكانيكا . ولما كانت هذه المسارات تختلف باختلاف أوزان الذرات فقد أمكن حساب وزن كل ذرة على حدة . وتعرف الأوزان الذرية التى

---

(١) Spectroscope .

(٢) Mass Spectrograph



نحصل عليها بهذه الطريقة بالأوزان الذرية الطبيعية تمييزا لها عن الأوزان الذرية الكيمائية . وفيما عدا طريقة مطياف الكتلة قد استحدثت طرق أخرى طبيعية لمعرفة وزن الذرة منها طريقة الانتشار وطريقة القوة الطاردة المركزية وأهمها فى المدة الأخيرة طريقة التحليل الكهربائى . وقد أدت هذه الطرق مجتمعة إلى معرفة أوزان الذرات المختلفة بدقة عظيمة كما أدت إلى اكتشاف بعض الجسيمات الجديدة مما سيأتى الكلام عنه فى الفصل الآتى

---

# الفصل الثالث

## أسلحة جديدة

### الالكترونات والبروتونات كأساس لبناء المادة :

منذ نحو عشر سنوات ألقيت فى المؤتمر السادس للمجمع المصرى للثقافة العلمية محاضرة عنوانها « الجسيمات التى كشف عنها حديثا فى علم الطبيعة » وصفت فيه طرق الكشف عن هذه الجسيمات المستحدثة وذكرت علاقتها بتركيب الذرة . وقد كنت أشعر كما يشعر غيرى من العلماء فى ذلك الوقت أن الكشف عن هذه الجسيمات أمر له خطره فى البحوث الذرية ، ثم أعدت نشر محاضرتى على صورة مقالة فى كتابى « مطالعات علمية » الذى سبقت الإشارة اليه ، وقد حققت الحوادث منذ ذلك الوقت ما كنا نترقبه من نتائج هامة للكشف عن هذه الجسيمات .

فالى أوائل سنة ١٩٣٠ كان الإلكترون والبروتون هما الجسيمان الاساسيان فى علم الطبيعيات الذرية أحدهما يحمل كهرباء سالبة والآخر موجبة . وكان الرأى متجها إلى اعتبار هذين الجوهرين أساسا لتركيب الذرة بحيث يتصور أن النواة مبنية من إلكترونات وبروتونات . فنواة الهيليوم مثلا التى هى جسيم ألفا كان ينظر إليها على أنها مركبة من أربعة بروتونات واثنين من الإلكترونات . وكذلك الحال فى نوى العناصر الأخرى . ومع أن هذا الرأى لا تزال له وجاهته إلا أنه مما لاشك فيه أن الكشف عن الجسيمات الجديدة قد نفى عنه كثيرا من بساطته .



### النيوترون أو البروتون المتعادل

وأول هذه الجسيمات هو النيوترون وهو مساوٍ للبروتون فى وزنه إلا أنه غير مكهرب . ويرجع الكشف عنه إلى البحوث التى قام بها بوث وبيكر[١] عام ١٩٣٠ ، وكانا يجريان تجاربهما على أشعة ألفا الصادرة عن عنصر البولونيوم فيسلطانها على عناصر مختلفة لمعرفة نتائج اصطدامها مع نوى ذرات هذه العناصر . وقد وجدا أن بعض العناصر لا سيما الليثيوم والبورون والفلور يصدر عنها فى هذه الظروف أشعة تمر من خلال سنتيمترين من النحاس ، وأن عنصر البريليوم على وجه خاص غنى بمثل هذه الأشعة . ولما كانت هذه الأشعة عديمة الكهرباء ، فقد افترض بوث وبيكر ، بدون مناقشة ، أنها أشعة جاما أى أنها أشعة من نوع أشعة الضوء وليست جسيمات متحركة . وتابع جوليو وزوجه إيرين كورى جوليو[٢] هذه الأبحاث مستخدمين مصدرا أقوى من البولونيوم ، فوجدا أن الأشعة المشار إليها تخترق عدة سنتيمترات من الرصاص ، كما وجدا أن هذه الأشعة تطرد البروتونات عن شمع البارافين ، إلا أن مدى هذه البروتونات لا يتفق مطلقا وافتراض أن هذه الأشعة هى أشعة جاما . وفى ظرف يوم أو يومين من ظهور بحث جوليو وزوجه بيّن تشادوك[٣] أن كل الصعوبات القائمة فى سبيل تفسير هذه الأشعة تنمحى إذا افترضنا أنها مؤلفة من جسيمات عديمة الكهرباء سميت نيوترونات .

ومنذ ذلك الحين قد استحدثت النيوترونات بطرق مختلفة أخرى

---

(١) Bothe and Becker

(٢) Joliot et Iréne Curie Joliot

(٣) Chadwiek نشر بحثه فى مجلة Natue فى أوائل سنة ١٩٣٢

أهمها طريقة استخدام بروتونات تزداد سرعتها بوساطة مجال كهربائى . وقد وجد أن كتلة النيوترون تعادل كتلة البروتون وتدر لها تشادوك ١,٠٠٦٦ من كتلة البروتون .

### البوزيترون أو الالكترون الموجب :

ويرجع الكشف عنه إلى بحوث أندرسن [٢] من بازينا بأمريكا عام ١٩٣٢ . وكان يشتغل فى "بحث عن الجسيمات التى تفصلها الأشعة الكونية عن جزئيات الغازات . وكان أندرسن يستخدم مجالا مغناطيسيا يعادل نحو ١٥٠٠٠ جاوس ، لمعرفة مقدار طاقة الجسيمات . وقد عثر أندرسن على جسيمات يمكن أن تخترق لوحا من الرصاص سمكه ٦ مليمترات وبمقارنة انحناء مسار الجسيم فى ناحيتى اللوح يمكن معرفة اتجاه حركة الجسيم ، وقد وجد أن الجسيم يحمل كهرباء موجبة وأن كتلته أقل بكثير من كتلة البروتون . وفى نفس الوقت كان بلاكيت وأوتشياليني [٣] يجريان مثل تجارب أندرسن بجهاز يمتاز عن جهاز أندرسن بأن التمدد فى الغاز لا يحدث إلا عند مرور الاشعة الكونية . وقد أثبت هذان الأخيران عام ١٩٣٣ أن الـــكهرباء موجبة وقد أمكن إحداث الألكترون الموجب بطرق أخرى أهمها :

( ا ) أن الأشعة الصادرة عن عنصر البريليوم والناشئة عن وقوع أشعة من عنصر البولونيوم عليه ، والتى تتألف من أشعة ألفا ونيوترونات إذا وقعت على عنصر الرصاص صدر عن هذا العنصر إلكترونات موجبة ، وقد وجد هذا كل من تشادوك وبلاكيت وأوتشياليني وغيرهم .

---

C. D. Anderson (١)

Blaekett and Occhialini (٢)



(ب) أن أشعة جاما الصادرة عن ( الثوريوم C ) أو [ الراسب الفعال للثوريوم ] إذا وقعت على الرصاص صدر عن هذا الأخير إلكترونات موجبة . وقد اكتشف ذلك المذكورون وأندرسن .

### الديبلون أو الايدروجين الثقيل :

كان الكشف عن هذا الجسيم ناشئا عن الدقة الشديدة فى قياس الفروق الصغيرة وملاحظتها كما حدث فى الكشف عن عنصر الأرجون فى الهواء الذى قام به لورد رايلى . فكثافة غاز الإيدروجين يمكن قياسها بالطرق الكيمائية ويمكن مقارنتها بكثافة غاز الأوكسجين . كما أنه من الممكن أيضا قياس هاتين الكثافتين ومقارنتهما بطريقة حركة البروتونات فى جهاز ولسن . وقد لاحظ بيرج ومندل [١] أن بين الطريقتين فرقا يعادل نحو $\frac{١}{٥٠٠٠}$ ووجدا أن هذا الفرق أكثر من الخطأ المحتمل وقوعه ، وقد فرضنا أن العلة فى هذا الفرق ربما كانت راجعة إلى وجود أيدروجين ذرته أثقل من ذرة الأيدروجين العادى .

وقد حقق صحة هذا الزعم كل من يورى وبركودل وميرفى [٢] بطريقة التحليل الطيفى بمشاهدة خط خافت فى طيف الأيدروجين . وقد وجد يورى وواشيرن أن التحليل الكهربائى يزيد من نسبة الأيدروجين الثقيل فى الماء وحصلا على ماء ثقيل مركز بوساطة التحليل الكهربائى المتكرر . وهذا ما سبقت الإشارة إليه عند الكلام عن طريقة التحليل الكهربائى فى فصل أصناف العناصر إذ أن الأيدروجين الثقيل يمكن اعتباره أحد أصناف عنصر الأيدروجين . ويوجد نحو سنتيمتر مكعب واحد من الماء الثقيل

---

Birge and Mendel (١)

Urey, Birkweddle and Murphy (٢)

في كل ٦ لترات من الماء العادي . وأول من حضر الماء الثقيل خالصا تقريبا هو ج . ن . لويس (١) من كاليفورنيا ، وأرسل عينات منه لمعامل اوربا وامريكا لدراسة خواصه .

وقد سمي الأيدروجين الثقيل باسم ديبلوجين وتتألف ذرته من ديبلون وإلكترون كما تتألف ذرة الأيدروجين الخفيف من بروتون وإلكترون .

والديبلون جسيم يحمل من الكهرباء قدر مايحمله البروتون ولكن كتلته تساوي ضعف كتلة البروتون .

### جسيمات أخرى :

وقد عثر على جسيم آخر يحمل كهرباء سالبة بقدر مايحمل الإلكترون ولكن وزنه يساوي وزن الإلكترون نحو مائتي مرة . وقد سمي هذا الكائن الإلكترون الثقيل أو الميزون . كما أن هناك أدلة على وجود جسيم غير مكهرب يساوي وزنه وزن الإلكترون وقد اطلق على هذا الجسيم اسم ( النيوترينو ) .

### أثر الجسيمات الجديدة في البحث الذري :

إن الجسيمات الجديدة وخصوصا النيوترون والديبلون هي بمثابة أسلحة جديدة لمهاجمة الذرة وتحطيمها والكشف عن أجزائها وطريقة تركيبها . فاللورد رذرفورد لم يكن لديه من القنابل القوية إلا جسيمات ألفا يطلقها على ذرات العناصر . أما بعد سنة ١٩٣٢ فقد أضيفت قنبلتان أخريان هما النيوترون والديبلون . ويمتاز النيوترون بأنه غير مكهرب

(١) G. N. Lewis



ولذلك فإن مقدرته عظيمة على اختراق النواة والتغلغل فيها . فالنواة كما تقدم تحمل كهرباء موجبة فيحدث تنافر بينها وبين الجسيمات التي تحمل كهرباء موجبة مثل جسيم ألفا . فخلو النيوترون من الكهرباء يجعله يتقدم نحو النواة ويصل إليها غير حافل بالمجال الكهربائي الذي يحيط به . وهو من أجل ذلك سلاح ماض له خطره .

والديبلون سلاح جديد آخر يمتاز بأن وزنه يعادل ضعف وزن البروتون فهو إذن أمضى وأشد فعلا . أما إذا قارناه بجسيم ألفا فإن وزنه يعادل نصف جسيم ألفا فهو أقل منه فعلا من هذه الناحية . ولكن الكهرباء التي يحملها نصف ما يحمل جسيم ألفا ، فتأثره بالقوة الكهربائية للنواة يكون أضعف من تأثر جسيمات ألفا .

### أسلحة من نوع آخر :

من المعلوم أن مقدرة القذائف على الفتك والتدمير تتوقف على عاملين أساسيين أولهما وزن القذيفة والثاني سرعتها . فكلما زاد الوزن زاد الفتك وكذلك كلما زادت السرعة زاد الفتك أيضا . ولما كانت جسيمات ألفا وكذلك البروتونات والديبلونات تستخدم كقذائف في تحطيم النواة والفتك بالذرة ، لذلك كان من المهم أن تزاد سرعة هذه القذائف إلى أكبر حد ممكن . وقد شغلت هذه المسألة أذهان الباحثين فقاموا باستحداث أجهزة مختلفة الغرض منها إيجاد جسيمات مكهربة ذات سرعات عالية لاستخدامها كقذائف تطلق على الذرة .

### جهاز السيكلوترون

وأهم الوسائل المستحدثة لإحداث جسيمات مكهربة ذات سرعات

(١) E. O. Lawrence

عالية هو جهاز السيكلوترون الذى انشأه العالم الامريكى لورنس (١)، الأستاذ بجامعة كاليفورنيا وقداجرى لورنس أبحاثه الأولى فى استحداث هذا الجهاز بالاشتراك مع ليفينجستون (١) عام ١٩٣٢ . وبهذه المناسبة نذكر أن هذا هو نفس العام الذى دل فيه تشادوك على النيوترون وكشف فيه أندرسن عن البوزترون ، فهو عام مبارك فى تطور البحوث الذرية .

وقد استخدم لورنس فى أبحاثه الأولى تيارا كهربائيا عالى التردد يصل إلى أربعة آلاف ڤولت ، وحصل على جسيمات متحركة بسرعات تقابل ١,٢ مليون ڤولت أى تساوى نحو ١/٢٠ من سرعة الضوء مستخدما الديپلون كقذيفة ، وتخرج هذه القذائف من الجهاز من نافذة صغيرة . ويمكن رؤية القذائف فتظهر على شكل شعاع متوهج أزرق اللون يتوقف طوله على كثافة الهواء الجوى . ويمكن معرفة سرعات الجسيمات المتحركة فى هذا الشعاع بصفة تقريبيه بالنظر الى مدى طوله فى الهواء . فكلما زادت السرعة زاد المدى .

وقد قام لورنس بنفسه ببناء سيكلوترونات مختلفة الحجم تتفاوت طاقة أشعتها من ٨٠ ألف ڤولت إلى ١٦ مليون ڤولت ، ويمتد شعاع هذه الأخيرة فى الهواء بعد خروجه من نافذة الجهاز إلى ما يقرب من مترين . ويقدر عدد السيكلوترونات المعلوم وجودها فى العالم كله بنحو أربعين سيكلوترونا مختلفة الحجم . وقد جاءت الأخبار منذ نحو سنتين بأنهم شرعوا فى إقامة سيكلوترون هائل فى مدينة بيركلى بالولايات المتحدة يصل الضغط الكهربائى فيه إلى مايقرب من ثلثمائة مليون فولت ، وينفذ شعاعه فى الهواء إلى مدى ٤٣ مترا . وأغلب الظن أن هذا الجهاز قد تم إعداده واستخدامه

(١) M. S. Livingston



## شرح الجهاز وميزاته

وسأشرح للقارىء الأساس الذى بنى عليه طريقة استخدام السيكلوترون والأجزاء الرئيسية للجهاز . فمن المعلوم أنه إذا تحرك جسيم مكهرب فى مجال مغناطيسى فإنه يتحرك فى دائرة . ويتوقف قطر الدائرة على سرعة الجسيم فكلما زادت السرعة كبرت الدائرة . فإذا بدأ جسيم فى الحركة ثم ازدادت سرعته فإن الدائرة التى يتحرك فيها يكبر قطرها وبذلك يتحرك الجسيم فى شكل لولبى .

وقد استخدم لورنس فى جهازه قطبين كهربائيين كل منهما على شكل نصف دائرة بحيث ينتج من اجتماعهما دائرة كاملة . وتبدأ الجسيمات فى الحركة بالقرب من مركز الدائرة وتسير فى أول الأمر فى دوائر صغيرة قريبة من المركز بتأثير المجال المغناطيسى العمودى على مستوى الدائرة .

هذا من ناحية ومن ناحية أخرى فإن نصفى الدائرتين متصلان بجهاز كهربائى يجعل أحد النصفين يختلف عن الثانى فى جهده الكهربائى ويجعل هذا الاختلاف يتغير تغيرا دوريا سريعا أو بعبارة أخرى يتردد ترددا عاليا على نحو ما يقال فى علم الكهرباء .

والسر فى المسألة كلها ينحصر فى ضبط زمن هذا التغيرأو هذا التردد بحيث يتفق تماما مع زمن دوران الجسيمات فى دوائرها . فإذا عبر جسيم القطر الفاصل بين نصفى الدائرتين ازدادت سرعته بفعل الفرق بين الجهدين الكهربائيين ، فإذا أتم نصف دائرة من حركته وعاد يعبر القطر فى الاتجاه المضاد كان اتجاه الفرق بين الجهدين قد تغير بحيث تزداد سرعة الجسيم مرة أخرى . وهكذا كلما عبر الجسيم القطر الفاصل

ازدادت سرعته بفعل الجهد الكهربائى المتردد فتزداد سرعته مرتين فى كل دورة كاملة . وينشأ عن ازدياد السرعة اتساع دائرة الحركة فيقترب الجسيم تدريجيا من حافة الدائرة إلى أن يصل إلى النافذة الموجودة فى حافة الجهاز ، فيخرج منها وقد اكتسب سرعة هائلة . وما يحدث للجسيم الواحد يحدث لغيره من الجسيمات فتخرج جميعا منطلقة على صورة شعاع أزرق . وفى التجارب الأولى التى أجراها لورنس وليفنجستون دار كل جسيم ١٥٠ مرة فى الجهاز قبل خروجه منه . ولما كانت سرعة الجسيم تكتسب إضافتين او « علاوتين » فى كل دورة فيكون عدد العلاوات ثلثمائة . وفى الأجهزة الكبيرة التى شيدت حديثا يزداد عدد العلاوات عن ذلك كثيرا .

والميزة الكبرى فى السيكلوترون أنها لا تحتاج إلى ضغط كهربائى عال . فالصعوبات العملية فى إيجاد ضغط يساوى مائة الف فولت مثلا عظيمة ، أما فى جهاز لورنس فيكفى استخدام بضع عشرات الألوف من الفولت لإحداث جسيمات تقابل طاقتها عشرات الملايين من الفولت .

---

# الفصل الرابع

## الطاقـــــة الذرية

**الطاقة :**

الطاقة لفظ يستعمله العلماء بمعنى خاص يختلف عن معناه عند الأدباء وإن كان بين المعنيين ارتباط ، والعلم من عادته أن يتطفل على لغة الأدباء فى كل عصر وفى كل أمة فيقتبس منها ما يراه ملائماً لغرضه من الألفاظ والعبارات ، ثم هو يعمد إلى تحريفها عن موضعها فيكسبها معانى ومدلولات اصطلاحية أو تواضعية تحل فى لغة العلم والعلماء محل المعانى الأصلية ، وكذلك تتنكر الكلمات على أهلها وتحتاج إلى من يقدمها إليهم فى زيها الجديد .

فالطاقة فى لغتنا العادية معناها الوسع أو المقدور ، فيقال ليس ذلك فى طاقتى أى ليس فى استطاعتى . وهى فى الغالب تضاف إلى الانسان فيقال طاقة البشر وطاقة فلان من الناس .

أما فى الإصطلاح العلمى فقد نشأت فكرة الطاقة مرتبطة بالحركة الميكانيكية للأجسام ، ثم تطورت وتغلغلت فى التفكير العلمى حتى صارت خاصية أساسية من خواص المادة وارتبطت بالدراسات الطبيعية فى سائر نواحيها حتى صار لها من الشأن والأهمية ما للمادة أو أكثر .

### نشوء فكرة الطاقة :

ويرجع التفكير فى الطاقة إلى النصف الأول من القرن السابع عشر حين فكر الفيلسوف الفرنسى ديكارت[١] فيما سماه مقدرة الجسم على الحركة ؛ فمن المعلوم أننا إذا قذفنا جسما ( كحجر مثلا ) فى اتجاه رأسى إلى أعلا ، فإن مقدرته على الاستمرار فى الحركة إلى أعلا تتوقف على سرعته ، فإذا زادت السرعة التى نقذفه بها زادت مقدرته على الارتفاع وإذا نقصت السرعة نقصت . وكان ديكارت يعتبر هذه المقدرة متناسبة مع سرعة الجسم، فإذا تضاعفت السرعة مثلا تضاعفت المقدرة ، ودلل على ذلك بما هو معلوم من أن زمن حركة الجسم إلى أعلا متناسب مع السرعة التى يقذف بها .

وفى النصف الثانى من القرن السابع عشر فكر العالم الألمانى لايبنتز[٢] فى مقدرة الجسم على الحركة هذه ولكنه ارتأى فيها رأياً آخر . فمن المعلوم أننا إذا قذفنا جسما فى اتجاه رأسى إلى أعلا فان أقصى ارتفاع يصل إليه يتناسب لا مع السرعة ذاتها ولكن مع مربعها ، فإذا تضاعفت السرعة ضرب الارتفاع فى أربعة وإذا ضربت السرعة فى ثلاثة ضرب الارتفاع فى تسعة وهكذا . وقد اعتبر لايبنتز بناء على ذلك أن مقدرة الجسم على الحركة يجب أن تتناسب مع مربع السرعة وسمى هذه المقدرة على الحركة « بالقوة الحية » .

وفى أوائل القرن الثامن عشر نشر كتاب كان قد وضعه العالم الهولندى

(١) Decartes

(٢) Leilbnitz



هايجنز[١] ( ١٦٢٩ — ١٦٩٥ ) وضمنه بحوثاً أجراها على تصادم الأجسام المرنة . وقد ذكرها يجنز فى كتابه أن « القوة الحية » هذه تنتقل من جسم إلى آخر عند التصادم بحيث يكتسب أحد الجسمين منها ما يفقده الآخر ، فكأنما هذه القوة الحية سلعة تباع وتشترى بين الأجسام .

### طاقة الحركة وطاقة الجهد :

وقد جاءت الأبحاث النظرية التى قام بها برنولى[٢] ولاجرانج[٣] معززة لفكرة « القوة الحية » موجهة النظر إلى أهميتها ، وأطلق عليها اسم جديد أقرب إلى التفكير العلمى فسميت « طاقة الحركة » ، أى الطاقة أو المقدرة الناشئة عن الحركة .

وتعرف طاقة الحركة بأنها نصف حاصل ضرب كتلة الجسم فى مربع سرعته . فالحجر الذى كتلته مائة جرام مثلا وسرعته عشرة سنتيمترات فى الثانية يقال إن له طاقة حركة تساوى خمسة آلاف إرجا أى خمسة آلاف وحدة من وحدات الطاقة . ويسمى هذا النوع من الطاقة بطاقة الحركة تمييزاً له عن النوع الآخر الذى يعرف بطاقة الجهد أو طاقة الموضع . وطاقة الجهد تنسب إلى الجسم الساكن إذا كان موجوداً فى موضع يسمح له ببذل الشغل . فالحجر الموجود عند قمة جبل وإن كان ساكنا إلا أن ارتفاع مكانه من شأنه أن يسمح له ببذل الشغل فى هبوطه إلى مستوى سطح الأرض .

وأظهر مثال على ذلك مياه الشلالات أو الخزانات كخزان أسوان ،

(١) Huggens

(٢) Bernouilli

(٣) Logrange

فإن وجود هذه المياه فى أماكن مرتفعة يجعل لها نوعا من الطاقة أو المقدرة على العمل المفيد كإدارة الآلات الكهربائية . وتقاس طاقة الجهد لجسم معلوم بحاصل ضرب القوة التى تؤثر فيه فى المسافة التى يقطعها فى هبوطه من موضعه الممتاز إلى الموضع الطبيعى أو العادى له .

فكل جسم متحرك إذن هو مورد للعمل المفيد يصح أن يستغله الإنسان فى إدارة آلاته ، وكذلك كل جسم يمكن أن يتحرك بسبب وجوده فى مكان ممتاز هو أيضا مورد للعمل المفيد ، وكلا النوعين من الأجسام له طاقة . فالأول له طاقة حركة ناشئة عن حركته الفعلية ، والثانى له طاقة جهد أو طاقة موضع ناشئة عن وضعه الممتاز وإمكان اكتسابه للحركة بالهبوط منه . وفى كلتا الحالين ترتبط الطاقة بحركة الأجسام أو بإمكان حدوث هذه الحركة ولذا تعرف بالطاقة الميكانيكية. ونحن إذا تأملنا فى الطبيعة التى تحيط بنا شاهدنا أمثلة عدة على وجود الطاقة الميكانيكية . فالمياه الجارية والرياح يمكن استخدامها فى إدارة الطواحين والطلمبات ، ومياه الشلالات والخزانات مورد غنى من موارد الطاقة .

ولعل القراء يذكرون مشروع منخفض القطارة الذى لا يزال قيد البحث فالفكرة الأساسية فيه هى الاستفادة من هبوط مياه البحر من منسوبها العادى إلى منسوب منخفض القطارة بالصحراء الغربية . بل إن بعض العلماء قد فكر فى الاستفادة من حركات مياه المد والجذر واستغلال طاقتها لمنفعة البشر .

**الطاقة والعلوم الطبيعية :**

وفى أوائل القرن التاسع عشر بدأت فكرة الطاقة تتغلغل فى العلوم



الطبيعية وتتعدى مجرد الفكرة الميكانيكية . ومن أهم الأبحاث التى ساعدت على ذلك ما قام به العالم العصامى جيمس جول[1] (١٨١٨ — ١٨٨٩) من التجارب التى فتحت باباً جديداً للمشتغلين بالعلوم الطبيعية . فقد أثبت هذا العالم أن مقدار الحرارة التى تتولد من احتكاك الأجسام تتناسب ومقدار الطاقة الميكانيكية التى تبذل فى هذا الاحتكاك ، أى أن الطاقة الميكانيكية تتحول إلى طاقة حرارية ، كما بين أيضاً أن الحرارة التى تتولد فى سلك رفيع بمرور تيار كهربائى فيه ترتبط ومقدار الطاقة التى تبذل ؛ ومعنى ذلك أن الحرارة التى تشعر بها أجسامنا إن هى إلا نوع من أنواع الطاقة . وقد أدت أبحاث جول إلى نشوء نوع جديد من فروع المعرفة يعرف بعلم الديناميكا الحرارية ، فيه يبحث فى حركات الجزيئات التى تتألف منها الأجسام وارتباط ذلك بحرارتها .

**الطاقة والمادة :**

ولم يأت آخر القرن التاسع عشر إلا وفكرة الطاقة قد اتصلت بجميع نواحى العلوم الطبيعية ؛ فالكهربائية والمغناطيسية والصوت والضوء وسائر الأشعة غير المرئية صار ينظر إليها جميعا كمظاهر مختلفة من مظاهر الطاقة بحيث أمكن أن يقال إنه لا شىء فى الوجود الطبيعى إلا المادة والطاقة .

ومما ساعد على تدعيم هذا الرأى ما وجد من أن الطاقة إذا تحولت من مظهر إلى مظهر آخر كأن تتحول من كهربائية إلى حرارة مثلا فإن ذلك يحدث بنسبة ثابتة . فنشأ المبدأ القائل بعدم انعدام الطاقة أو بتحولها . فكما أن المادة لا تنعدم وإنما تتحول من مظهر إلى مظهر

(١) James Joule

آخر فكذلك الطاقة لا تفنى وإنما تتكيف بكيفيات مختلفة . فإذا تصادم جسمان ، مثلا ، كما حدث فى تجارب هايجنز المشار إليها فيما سبق ، فإن الطاقة الميكانيكية تنتقل من أحدهما إلى الآخر كما ذكر هايجنز ، ولكن الحقيقة الكاملة أن جزءاً من الطاقة الميكانيكية يتحول إلى حرارة أو إلى صوت بحيث يبقى مبدأ بقاء الطاقة نافذاً .

## وحدات الطاقة :

والطاقة كأى كمية أخرى تقاس بوحدات خاصة . فمثلا ، الكالورى أو السعر هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء بمقدار درجة واحدة مئوية ، وإذن فهو وحدة من وحدات الطاقة الحرارية . والكيلوواط ساعة هو مقدار الطاقة التى يبذلها تيار كهربائى قدرته كيلوات فى زمن قدره ساعة . ولما كانت أنواع الطاقة يمكن تحويلها الواحدة منها إلى الأخرى كما سبق وصفه فإن الطاقة الحرارية تتحول إلى طاقة كهربائية وبالعكس . ولذلك فلا داعى لاستعمال وحدات مختلفة لأنواع الطاقة المختلفة من حرارية وكهربائية .... الخ ، بل يكفى استخدام وحدة مشتركة بينها جميعاً ، ولتكن الكيلوواط ساعة مثلا وهو يعادل مايقرب من ٩٠٠ ألف كالورى . والكيلووات ساعة هذا هو الوحدة التى تعاملنا على أساسه شركات النور ، وثمنه فى القاهرة نحو قرشين ، فهو وحدة متداولة ومعروفة . ومن الوحدات التى تستخدم عادة فى قياس الطاقة الذرية الفولت الالكترونى وهو يعادل ٢٣ ألف كالورى عن كل عدد من الجرامات يساوى الوزن الذرى للمادة .



## الطاقة ومدنية الأمم :

إن مدنية الأمم المختلفة تقاس بمقدار الطاقة الميكانيكية التى تستخدمها هذه الأمم فى صناعاتها وسائر مرافقها سواء أكانت هذه الطاقة مستمدة من الوقود أم من مساقط المياه أم من الرياح ... الخ . فاستهلاك الطاقة فى الدول الأوروبية وأمريكا قد يزيد على ٢٠٠٠ كيلوواط ساعة للفرد الواحد فى الأمة ، أى ٢٠٠٠ مليون كيلوواط ساعة عن كل مليون نسمة . وفى روسيا سنة ١٩٣٢ بلغ استهلاك الطاقة الكهربائية ١٣,٥ ألف مليون وزاد فى سنة ١٩٣٧ إلى ٣٨ ألف مليون كيلوواط ساعة . وإذا أتم مشروع استنباط الكهرباء من سد أسوان فينتظر أن تبلغ كمية الطاقة المستخرجة منه سنوياً نحو ٢٠٠٠ مليون كيلوواط ساعة . والواقع أن ألف مليون كيلوواط ساعة واحدة مناسبة جداً لقياس الطاقة سواء أكنا نتكلم عن الاستهلاك السنوى للأمم المختلفة أم انتقل بنا البحث إلى الطاقة الذرية . ومن باب الاختصار سأسمى ألف مليون كيلوواط ساعة باسم وحدة الطاقة ، فإذا قلت وحدة الطاقة دون أى وصف آخر قصدت بها ألف مليون كيلوواط ساعة .

## مصادر الطاقة :

وقد كان الوقود ولا يزال مصدراً أساسياً من مصادر الطاقة فى حياة الأمم . فالفحم وزيت البترول مصدران هامان تدار بهما الآلات الميكانيكية . وقد زاد الاهتمام فى العهد الأخير بمساقط المياه كمورد من موارد

الطاقة واتجه النظر أيضاً إلى حرارة الشمس وإلى قوى المد والجزر كما سبقت الإشارة . ولنلق نظرة على الوقود كمصدر من مصادر الطاقة .

إن احتراق مليون طن من الكربون النقي ينشأ عنه ٩,٤ من وحدات الطاقة . من أين تأتي هذه الطاقة ؟ إن عملية الاحتراق عبارة عن تفاعل كيميائي فذرات الكربون تبقى على ماهي عليه كذرات ، وكذلك ذرات الأوكسيجين وكل ماهنالك هو أن هذه الذرات يعاد طريقة تنظيمها على شكل جزيئات لثاني أوكسيد الكربون ، فالطاقة التي نحصل عليها إذن لا تأتي من داخل الذرة ولا تمس صميم المادة ، وإنما منشؤها ما بين الذرات المختلفة من قوى . هي إذن طاقة كيميائية أساسها التفاعل الخارجي بين الذرات . هي قوى سطحية إن شئت بالنسبة إلى الذرة لا تصل إلى النواة التي هي مركز الذرة وسويداء قلبها النابض . والبحوث التي وصفتها في الفصول السابقة من هذا الكتاب تبين كيف أمكن لعلماء الطبيعة أن يصلوا إلى النواة وأن يستخرجوا منها النيوترونات وجسيمات ألفا . فهل يستطيع الانسان أن يحصل على الطاقة من باطن النواة ؟ وهذه الطاقة التي يحصل عليها من صميم المادة ما منشؤها وهل تبقى المادة مادة بعد تجريدها من صميم طاقتها ؟

### الذرة كمصدر من مصادر الطاقة :

وأول من أعطى الناس جواباً مضبوطاً عن مقدار الطاقة الذرية هو العلامة البرت أينشتين (١) عام ١٩٠٥ . فقد حسب أن مقدار الطاقة المختزنة في بواطن ذرات كيلو جرام واحد من المادة يساوي ٢٥ وحدة

(١) Albert Einstein



من وحدات الطاقة ، أي ما يعادل كمية الحرارة المستمدة من احتراق ٢,٧ مليون طن من الكربون النقي .

ومن المهم أن يفهم القارىء أن هذه الطاقة المختزنة في بواطن الذرات ليست شيئاً يضاف إلى المادة بل إنما هي المادة ذاتها ، فالحصول على ٢٥ وحدة من وحدات الطاقة من كيلو جرام من المادة ليس معناه استخراج هذه الطاقة من داخل ذرات المادة مع بقاء الكيلوجرام كيلوجراماً ، بل إن معناه أعمق من هذا بكثير ألا وهو تحويل المادة إلى طاقة فالكيلوجرام من المادة يعادل ٢٥ وحدة من وحدات الطاقة ويساويها مساواة . وإذا أمكن الحصول على هذه الطاقة فيكون ذلك على حساب المادة ذاتها فتفنى ويمحى أثرها من الوجود . ومعنى هذا أن المادة والطاقة قد صارا مظهرين لشيء واحد أو صورتين مختلفتين لنفس الشيء ، أو معناه إن شئت أن المادة قد صارت في نظر العلماء صورة أخرى من صور الطاقة كالطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية فأضيف هذا النوع الجديد من الطاقة ألا وهو الطاقة المادية إلى الأنواع الأخرى .

### تحويل المادة الى طاقة :

ومن الأمثلة على تحول المادة إلى طاقة مايحدث في الإشعاع الصادر عن الشمس ، فمن المعلوم أن الشمس تشع كميات هائلة من الطاقة في كل لحظة ، ولا يمكن تفسير هذه الطاقة على أنها ناشئة عن عملية احتراق ، إذ لو أن الشمس كانت مصنوعة من أجود نوع من أنواع الوقود مختلطاً بغاز الأوكسيجين بنسبة تسمح بالاحتراق التام لما زادت كمية الحرارة التي تنجم عن هذا الاحتراق على ما ينبعث من الشمس من الحرارة في مدة

١٥٠٠ سنة . أى أن عمر الشمس بناء على هذا الفرض لا يمكن أن يزيد على ١٥٠٠ سنة وهذا طبقاً ما لا يمكن القول به . ولو فرضنا أن الشمس تحتوى على حرارة مختزنة وأنها بدأت ذات درجة حرارة مرتفعة ثم بردت تدريجياً لكانت درجة حرارتها تنقص فى وقتنا الحالى بمقدار ٢,٥ درجة مئوية كل سنة ، وعلى أثر ذلك فلا يمكن أن تستمر فى إرسال حرارتها أكثر من بضع آلاف السنين بعدها تنخفض درجة حرارتها إلى ما يقرب من درجة الصفر المئوى ، وكذلك ينجم عن ذلك الفرض أن الشمس كانت ترسل إلى الأرض من الحرارة من بضعة آلاف السنين أضعاف ما ترسله إلينا اليوم وإذن فهذا الفرض أيضا لا يستقيم .

أما التفسير الصحيح فيما نعلم لمصدر حرارة الشمس فهو تحويل جزء من مادتها إلى طاقة . وقد قدر أن ما ينعدم من مادة الشمس أو بعبارة أصح ما يتحول من مادة ذراتها إلى طاقة إشعاعية يبلغ ٢٥٠ مليوناً من الأطنان فى الدقيقة . وتبلغ درجة حرارة مركز الشمس نحو ٢ مليون درجة مئوية ، ولا شك فى أن هذه الدرجة العالية من الحرارة مما يساعد على تحول المادة إلى طاقة .

وفى النشاط الإشعاعى لذرة اليورانيوم والراديوم والثوريوم وأمثالها تتحول مادة الذرة إلى طاقة . فالجرام الواحد من الراديوم تنبعث منه فى السنة من الطاقة ما يعادل نحو ١,٤ كيلوواط ساعة ، وبذلك يبلغ ما يفقده الكيلوجرام الواحد بسبب انبعاث هذه الطاقة نحو ٠٥٣, من الملجرام فى السنة .

# الفصل الخامس

## نشـــــاط مصطنع

**الأم والبنت :**

فى عام ١٩٣٤ أعلن جوليو وزوجه إيرين كورى جوليو أنهما قد تمكنا من إحداث ظاهرة النشاط الإشعاعى فى عناصر غير عنصر الراديوم واليورانيوم وغيرهما من العناصر ذات النشاط الإشعاعى الطبيعى . أو بعبارة أخرى لم تعد ظاهرة النشاط الإشعاعى محصورة فى الدائرة التى رسمتها لها الطبيعة ، بل سار الإنسان يتحكم فى العناصر العادية ويحولها إلى عناصر نشطة مشعة . ومدام أيرين كورى جوليو هى بنت مدام كورى مكتشفة الراديوم ، فجاء عملها مكملا لعمل أمها ، وقد منحت هى وزوجها جوليو جائزة نوبل على فتحهما هذا .

والتجربة التى أجرياها هى أنهما أطلقا جسيمات ألفا على كل من عنصرى البورون والألومينيوم فتحولا إلى عنصرين مشعين تصدر عنهما البوزيترونات ، وبعد أن أوقف إطلاق جسيمات ألفا استمر إشعاع البوزيترونات وتناقص تبعا لقانون أسى على نحو ما يحدث فى العناصر ذات النشاط الاشعاعى الطبيعى ، ونشأ عن هذا النشاط المصطنع أن تحولت ذرة البورون الى ذرة أزوت كما تحولت ذرة الألومنيوم الى ذرة الفوسفور .

## النشاط الإشعاعى المصطنع :

وقد نشأ عن هذا الفتح ميدان واسع من ميادين البحث العلمى ، فاستحدث النشاط الإشعاعى فى ذرات المواد بطرق مختلفة ، منها إطلاق جسيمات ألفا عليها ، ومنها إطلاق الديبلونات ومنها إطلاق النيوترونات . وقد برهنت هذه القذيفة الأخيرة على مقدرة ممتازة فى هذا الميدان . ومن الطريف حقا أن بعض الذرات ذات النشاط الإشعاعى الطبيعى قد استحدثت بهذه الطرق المصطنعة ، فصنف الراديوم الذى يعرف باسم ( راديوم E ) والذى هو عنصر نشط الإشعاع طبيعيا قد استحدث صناعيا بإطلاق الديبلونات على عنصر البزموت . ولايختلف هذا الراديوم المستحدث صناعيا عن الراديوم الطبيعى فى خواصه وصفاته . فالعدد الذرى لكل منهما ٨٣ والوزن الذرى ٢١٠ وكلاهما يتحول إلى بولونيوم بخروج أشعة بيتا منه وزمن التحول واحد فى الحالين . وهذه القاعدة صحيحة على وجه العموم ، فخواص العنصر النشط الإشعاع لاتختلف باختلاف طريقة تحضيره .

## النشاط الإشعاعى واستقرار النواة :

إن النواة جسم مؤلف من أجزاء ترتبط فيما بينها بقوى تعمل على تماسكها وترابطها ، وهى جسم مكهرب تكتنفه وتتخلله مجالات كهربائية قوية ، فلابد من نظام يجمع هذا الشتات ويؤلف منه وحدة مستقرة الأحوال لها صفة البقاء والاستقرار . فنظام النواة كأى نظام آخر إما أن يكون مستقرا



فيكفل له البقاء ، أو يضطرب ويختل توازنه فيحدث التفكك والفساد الذى ربما يؤدى إلى الدمار . وقد تبين أن استقرار النواة واستتباب النظام فيها له شروط بعضها فى غاية البساطة . فالنواة لها ثقل معين كما أنها تحمل عددا معينا أيضا من وحدات الكهرباء .

ومن الشروط البسيطة لاستقرار الأمور فى النواة أن تكون النسبة بين كهربائها ووزن مادتها محصورة فى حدود معينة ، فهذه النسبة تكون عادة أقل من $\frac{1}{2}$ ( إلا فى حالة البروتون ) كما أنها يجب أن تزيد عن قدر معين لكل عنصر من العناصر ، فإذا خرجت عن هذه الحدود اختل التوازن واضطربت الأمور فى النواة فانبعثت منها إلكترونات أو بوزيترونات أو جسيمات أخرى وتحولت الى نواة جديدة . وهكذا تزول دولة الفساد والاختلال والفوضى وتحل محلها دولة النظام والاستقرار . وإذن فالنشاط الإشعاعى يمكن اعتباره محاولة للوصول بالنواة المضطربة المختلة التوازن إلى حالة الهدوء والاستقرار .

## تحولات النواة :

ومنذ سنة ١٩٣٤ تعددت البحوث فى جميع أنحاء الأرض فى التحولات التى تحدث للنواة مع البروتونات والنيوترونات والديبلونات والالكترونات والبوزيترونات وجسيمات ألفا وأشعة جاما . وإذا تذكرنا أن عدد العناصر المختلفة يزيد على التسعين عنصرا ، وأن العنصر الواحد له أصناف متعددة لكل منها نواة خاصة به ، فإن عدد النوى المعروف للذرات المختلفة يقرب من مائتى نواة ، كل منها يجوز أن يتفاعل مع بروتون أو

نيوترون أو ... الخ . إذا تذكرنا كل ذلك فإننا نستطيع أن نفهم اتساع الميدان الجديد الذى يصح أن يسمى ميدان النواة والذى هو نوع من الكيمياء الجديدة يتفاعل فيها النوى كما تتفاعل المواد الكيميائية .

**للتسلية :**

جرت العادة على أن يسلى بعض القراء أنفسهم بحل بعض الألغاز كالكلمات المتقاطعة التى تنشر فى الجرائد وغيرها من وسائل الترويح عن الأذهان والنفوس ، وفيما يلى سأدل القارىء على وسيلة من هذه الوسائل أرجو أن يجد فيها متعة ولذة . أما حضرات القراء الذين يضيقون ذرعا بالرموز والمعادلات فهؤلاء لاأقدم لهم أى اعتذار إذ ماعليهم إلا أن يقفزوا بنظرهم ويتركوا الرموز والمعادلات لمن هو أوسع منهم صدرا . والتسلية التى أقدمها للقارىء والتى ستمكنه من تتبع التحولات التى تتحولها النواة وفهم التفاعلات بين النوى يمكن شرح قواعدها بالطريقة الآتية : إن كل نواة تتميز بعددين أولهما يدل على وزنها والثانى على مقدار الكهرباء الذى تحمله . فنواة الألومينيوم مثلا وزنها ٢٧ وعدد وحدات كهربائها ١٣ ، وإذن يمكن أن تكتب على الصورة الرمزية (٢٧ أل ١٣) حيث « أل » رمز على الألومينيوم . ونواة الهيليوم التى هى جسيم ألفا وزنها ٤ ووحدات كهربائها ٢ وإذن يمكن أن يرمز لها بالرمز ( ٤ هى ٢ ) حيث « هى » رمز على الهيليوم ، وتوجد نواة لأحد أصناف السيليكيون وزنها ٣٠ وكهربائها ١٤ فنرمز لها بالرمز (٣٠ سى ١٤) حيث « سى » رمز على السيكيلون . ونواة الأيدروجين . التى هى البروتون وزنها ١ وكهربائها ١ ، فيرمز لها بالرمز ( ايدا ) حيث « يد » رمز على



الإيدروجين . والتسلية التى أقدمها للقارىء هى تفسير المعادلة الآتية :

( ٢٧ أل ١٣ ) + ( ٤ هى ٢ ) = ( ٣٠ سى ١٤ ) + ( ايدا )

فهذه المعادلة معناها أنه بإطلاق جسيمات ألفا على ذرات عنصر الألومينيوم تحصل على شيئين أحدهما نواة صنف السيليكون التى وزنها ٣٠ والشىء الآخر هو بروتون .

وعلى القارىء أن يتحقق من أمرين . أولهما أن مجموع الأوزان فى الطرف الأيمن من المعادلة يساوى مجموع الأوزان فى الطرف الأيسر ، والثانى أن مجموع وحدات الكهرباء فى الطرف الأيمن مساوٍ أيضا لمجموع وحدات الكهرباء فى الطرف الأيسر . والتحقق من ذلك أمر بسيط لأن

٢٧ + ٤ = ٣٠ + ١ = ٣١

وأيضا ١٣ + ٢ = ١٤ + ١ = ١٥

والمسألة كما يرى القارىء لاتعدو عمليتين من عمليات الجمع البسيط . وليست جميع المعادلات الدالة على تحولات النواة بسيطة إلى هذا الحد ، فقد يحدث أن يدخل إلكترون فى التفاعل وهذا كهرباؤه سالبة فتحل عملية الطرح محل عملية الجمع ، كما أن وزن الإلكترون ضئيل فيحسب فى المعادلة على أنه صفر . وقد يحدث أن يدخل نيوترون فى العملية وهو غير مكهرب فتحسب كهرباؤه على أنها صفر . وكذلك أشعة جاما فإن كل من وزنها وكهربائها يكون صفرا . والمعادلة الآتية تدل على ماحدث فى التجربة التاريخية التى أجراها جوليو وزوجه عام ١٩٣٤ واستحدثا الفوسفور ذا النشاط الإشعاعى المصطنع

( ٢٧ أل ١٣ ) + ( ٤ هى٢ ) = ( ا ن صفر ) + ( ٣٠ فو ١٥ )

وفى هذه المعادلة يدل الرمز «ن» عن النيوترون كما يدل الرمز «فو» على الفوسفور أما النشاط الإشعاعى المصطنع للفوسفور وهو الفتح الجديد الذى أشرنا إليه فانه يتمثل فى المعادلة الآتية :

( ٣٠ فو ١٥ ) = ( ٣٠ سى ١٤ ) + ( صفر بو١ )

حيث «بو» رمز على البوزيترون ، وإننى أترك للقارىء أن يسلى نفسه بالتحقق من تساوى الوزن والكهرباء فى طرفى كل معادلة من هاتين المعادلتين. والمعادلة الأخيرة تدل على عملية نشاط إشعاعى اصطناعى، فذرة الفوسفور التى وزنها ٣٠ وكهرباؤها ١٥ ذرة غير مستقرة ولذلك تنبعث منها بوزيترونات وتتحول إلى ذرة سيليكون . فذرة الفوسفور التى وزنها ٣٠ مثال على ماذكرناه فيما تقدم من أنه إذا وصلت نسبة الكهرباء إلى الوزن إلى حد معين فُقِد توازن النواة وانبعث منها جسيمات مكهربة .

## دراسة تفاعلات النواة وتبويبها :

إن تعدد التفاعلات المختلفة بين النوى والجسيمات الذرية واتساع دائرتها قد أدى إلى تبويبها . فالتفاعلات المتشابهة قد جمعت ورتبت واعتبرت نوعا من أنواع التفاعلات ، وهكذا نشأت دراسة جديدة فى علم كيمياء النواة . وسأذكر بعض الأبواب المختلفة التى تقع فيها هذه التفاعلات أو على الأصح ماعرف منها إلى الآن . فهنالك نحو ثمانية عشر بابا من أبواب هذه التفاعلات ، رتبت حسب نوع الجسيمات التى تدخل فى النواة ونوع الجسيمات التى تخرج منها ، فمثلا إذا أطلق جسيم ألفا على نواة عنصر من العناصر فدخل الجسيم فى النواة واستقر فيها وخرج من



النواة بروتون اعتبر هذا نوعا خاصا من أنواع التفاعل أيا كانت النواة التى تتأثر به . وإذا أطلق جسيم ألفا لخرج نيوترون كان هذا نوعا آخر ، وفى بعض الأحوال يخرج أكثر من جسيم واحد من النواة فيدخل فيها جسيم ألفا ويخرج منها نيوترونان مثلا ، وهذه عمليات على جانب عظيم من التعقيد ولذلك اكتفى بالاشارة اليها دون زيادة فى التفصيل .

# الفصل السادس

## فلق النـــواة

### برلين سنة ١٩٣٩ :

ينتقل بنا البحث الآن إلى مرحلة جديدة من مراحل تطور البحوث الذرية ، وهى المرحلة التى أدت بطريقة مباشرة إلى صناعة القنابل الفتاكة التى ألقيت على اليابان . وقد أشرت فى مقدمة هذا الكتاب إلى أبحاث هاهن واشتراسمان التى أجرياها فى برلين عام ١٩٣٩ ورويت الرأى الذى صرحت به فى تلك السنة من أن هذه الأبحاث تعتبر أهم حدث فى أخبار العالم . وللقارىء أن يتساءل ما هى الأهمية الخاصة لهذه البحوث وهل تعدو أن تكون إحدى البحوث العديدة فى تحولات النواة ، وهى البحوث التى أشرت إليها فى الفصل السابق ، وذكرت أنها أجريت فى جميع أنحاء المعمورة ؟

الجواب على ذلك أن العمل الذى قام هاهن واشتراسمان ليس كغيره من تحولات النواة ، فالتحولات التى كانت معروفة إلى هذا العهد كانت تقسيما للنواة ، ولكنه تقسيم جزئى لا يفقد النواة إلا كسراً بسيطا من وزنها بخروج جسيم ألفا أو بروتون أو نيوترون أو ديبلون منها . فكأنما أتينا على كتلة من الخشب فضربناها بفأس فى أحد أطرافها فانفصلت قطعة صغيرة منها ، أما الكتلة ذاتها فظلت سليمة فى مجموعها .



وكل الأبحاث التى حدثت فى تحولات النواه لغاية سنة ١٩٣٩ إنما كانت من هذا النوع من أنواع الانفصال .

أما ما قام به هاهن واشتراسمان فشىء آخر غير انفصال قطعة صغيرة من كتلة النواة . هذا الشىء هو فلق النواة فلقا أو قسمة الكتلة إلى جزئين متقاربين فى الوزن ، فكأنما ضربنا بالفأس فى مركز النواه فانفلقت فلقتين .

### أبحاث فيرمى[١] والعنصر رقم ٩٣ :

وتتصل أبحاث هاهن واشتراسمان ببحوث فيرمى عن العنصر رقم ٩٣ ، فالى سنة ١٩٣٤ كان عدد العناصر المعروفة ٩٢ عنصراً ، وفى تلك السنة نشر فيرمى بحثاً فى مجلة (Nature) الانجليزية دلل فيه على وجود عنصر جديد يقع بعد عصر اليورانيوم ، وكان اليورانيوم آخر عنصر فى جدول العناصر ورقمه الذرى ٩٢ . والطريقة التى استخدمها فيرمى هى إطلاق النيوترونات على عنصر اليورانيوم نفسه وامتحان نتائج هذا التحول . وقد كان فيرمى وأعوانه قد دللوا من قبل على أن اطلاق النيوترونات على النواة من شأنه أن يفقدها توازنها فتنبعث منها إلكترونات وبذلك يزداد رقمها الذرى . فإطلاق النيوترونات على آخر عنصر فى الجدول من شأنه إذن أن يخل توازن النواة وتنبعث منها إلكترونات فيزيد رقمها الذرى عن ٩٢ ، أو بعبارة أخرى تتحول إلى عنصر جديد رقمه الذرى ٩٣ أو أكثر يضاف إلى قائمة العناصر المعروفة .

---

(١) E. Fermi

وقد استلفت عمل فيرمى نظر كثير من الباحثين وقامت مناقشة بينهم حول إثبات وجود العنصر رقم ٩٣ ، وأجريت تجارب عديدة لامتحان المسألة والتحقق من صحتها ، وكان فى مقدمة هؤلاء الباحثين هاهن واشتراسمان إذ نجحا فى عام ١٩٣٨ فى إثبات وجود العنصر رقم ٩٣ بالطريقة التى استحدثها فيرمى .

### صناعة العناصر :

واستحداث عنصر جديد يضاف إلى قائمة العناصر أمر له خطره ، وخاصة إذا كان هذا العنصر مصنوعاً فى المعمل . والواقع أن هذا الحدث له مغزى بعيد ، فالنظرة التقليدية إلى العناصر أنها أشياء موجودة فى الطبيعة وأن مهمة العلم أن يحصيها وأن يكشف عن المجهول منها . وقد كان اكتشاف عنصر جديد فى الأرض أو السماء يعتبر عملا من الأعمال العلمية العظيمة ويرفع من قدر صاحبه بين مصاف الباحثين . وها نحن نرى أن الموقف قد تغير فالعنصر رقم ٩٣ لم يبحث عنه باحث بين المواد النادرة ليعثر عليه بل إنه صنع صنعاً كما لو كان بناء يشيد طبقا للأوصاف الموضوعة ، ومع أننا لا نزال بعيدين كل البعد عن تعميم هذا العمل فى مدى واسع إلا أننا ولاشك نشعر بأهمية هذه القدرة الجديدة المكتسبة .

### ما هو أهم :

وقد توصل هاهن واشتراسمان إلى ما هو أهم من إثبات وجود العنصر رقم ٩٣ الذى استحدثه فيرمى إذ أوجدا الأمل لأول مرة فى إطلاق طاقة



الذرة من عقالها . فإطلاق النيوترونات البطيئة على ذرة اليورانيوم لا ينشأ عنه فلق هذه الذرة فحسب ، بل تنشأ عنه طاقة قدّرها هندرسون (١) عام ١٩٣٩ بمقدار ١٧٥ مليون ڤولت إلكترونى، وقدرها كانر (٢) عام ١٩٤٠ بمقدار ١٥٩ مليون ڤولت إلكترونى.

### ماذا يحدث لفلقتى النواة :

إذا اعتبرنا أن الوزن الذرى لليورانيوم هو نحو ٢٣٩ فى المتوسط فقد وجد أن وزن إحدى الفلقتين هو ٩٦ والأخرى ١٤٣ فى المتوسط . . وأقول فى المتوسط لأن اليورانيوم مؤلف من أصناف موجودة بنسب متفاوتة . وسيأتى الكلام فيما بعد عن أهمية أحد هذه الأصناف فى صناعة القنابل الذرية — أقول إذا اعتبرنا ذلك فإن كلا من الفلقتين تكون غير متوازنة ، ولذلك يظهر لها النشاط الإشعاعى فتنبعث منها جسيمات . وقد قام باحثون عديدون بالبحث عن هذه الجسيمات فوجدوا أنها نيوترونات قدر لعددها نحو ثلاثة نيوترونات عن كل ذرة من ذرات اليورانيوم الأصلية . ومعنى هذا أننا نطلق النيوترونات على ذرة اليورانيوم وتتحول إلى فلقتين ثم لا تلبث كل من هاتين الفلقتين أن تبعث بنيوترونات جديدة .

---

(١) Henderson

(٢) Kanner

### مفتاح الطاقة الذرية :

وما أن وصل العلم إلى هذه النقطة حتى تجلت أهمية الموضوع من ناحية الحصول على الطاقة الذرية بمقياس واسع ، فانقسام عدد محدود من الذرات وانطلاق الطاقة منها قد يكون له أهميته من الناحيتين العلمية والفلسفية . أما من الناحية العمرانية والصناعية فماذا تفيدنا طاقة بضع ذرات ، بل ماذا تجدى طاقة مليون مليون من الذرات ؟ !

إن الجرام الواحد من اليورانيوم يحتوى على آلاف ملايين ملايين الملايين من الذرات !! أما إذا كان انقسام ذرة يتبعه انقسام جارتها ثم جارة جارتها بطريقة متسلسلة وحتمية فإن ذلك يكون المفتاح الذهبي لذلك الكنز الهائل من الطاقة المختزنة بين ثنايا المادة ، فانبعاث النيوترونات من فلقتى ذرة اليورانيوم يكون أمراً فى منتهى الخطورة إذا أصابت هذه النيوترونات ذرة أخرى من ذرات اليورانيوم ففلقتها وأطلقت طاقتها من عقالها ثم انبعث عن الفلقتين الجديدتين نيوترونات جديدة وهكذا .

وهناك شرط آخر يجب أن يتحقق لتحقيق الغرض المنشود ألا وهو أن هذه العمليات المتسلسلة يجب أن تنطلق فى ملايين ملايين ملايين ملايين الذرات بسرعة تكفل إتمامها فى لحظة قصيرة !

### التفاعلات المتسلسلة :

ويطلق على هذا النوع من التفاعلات اسم التفاعلات المتسلسلة، وهى عبارة عن سلسلة من التفاعلات تلى الواحدة منها الأخرى بحيث يكفى



أن يحدث التفاعل الأول لحدوث جميع التفاعلات الأخرى الواحد منها تلو الاخر . ويشبه هذا النوع من التفاعلات ما يحدث عندما نضع أحجار « الدومينو » على نضد، كل حجر منها فى وضع رأسى وتكون الأحجار متقاربة وفى خط مستقيم ، فإننا إذا دفعنا الحجر القائم فى أول الصف بحيث ينقلب على الحجر المجاور له انقلب هذا على الذى يليه وهكذا، فتقع الحجارة كلها على النضد فى زمن وجيز .

ومن التفاعلات المتسلسلة عملية الاحتراق، إذ من المعلوم أنه يكفى إشعال عود من الثقاب لكى تنتشر النار . ونحن إذا فكرنا مليا فى عملية الاحتراق على أنها تفاعل بين ذرات مادة الوقود وذرات الأوكسيجين فهمنا السبب فى أن معظم النار من مستصغر الشرر . فمادة الوقود ولتكن الكربون مثلا تتحد مع الأوكسجين فى درجة حرارة معينة تسمى درجة حرارة الاشتعال . وعود من الثقاب كفيل برفع درجة حرارة الملايين من الجزيئات إلى درجة حرارة الاشتعال .

ولما كانت عملية الاحتراق هى نفسها مصدر للحرارة فان احتراق الجزيئات الأولى من المادة يرفع درجة حرارة الجزيئات التى تليها فتصل إلى درجة حرارة الاشتعال ، فتحترق ، فتنبعث منها حرارة ، فترفع حرارة الجزيئات المجاورة إلى درجة الإشتعال ، فتحترق ،وهكذا إلى أن تلتهم النيران ما حولها . فالتفاعلات المتسلسلة تفاعلات لها خطرها . من أجل ذلك كان لخبر انبعاث النيوترونات من فلقتى نواة اليورانيوم مغزى خاص عند الذين يعلمون .

# الفصل السابع

« يو ٢٣٥ »

## عنصر اليورانيوم — معادنه واستخراجه :

أهم المعادن التي يستخرج منها عنصر اليورانيوم هو معدن اليورانيت. ويوجد من هذا المعدن نوع يعرف باسم بيتش بلند[1] ومعنى كلمة Pitch القار أو ( الزفت ) وذلك لأن لون هذا النوع من المعدن أسود لامع يشبه القار . واليورانيت معدن معقد التركيب الكيميائي يحتوى على يورانات اليورانيل والرصاص كما يحتوى عادة على الثوريوم والزيركنيوم وكذلك اللانثانوم والاستريوم ، ويوجــد بين ثناياه غازات الأزوت والهيليوم والارجون بنسب متفاوتة تصل إلى ٢,٦ ٪ وربما يحتوى المعدن على عناصر أخرى . ويوجد اليورانيت أو البتش بلند فى أحجار البيجماتيت والجرانيت وفى بعض العروق التى تحتوى على معادن القصدير والنحاس والرصاص والفضة ، حيث ترسب هذا المعدن فى العصور الجيولوجية الماضية من محاليل فلذية . ومن أهم المناجم التى يستخرج منها اليورانيوم مناجم تشينكولوبوى فى الكنغو البلجيكية بالقرب من مناجم النحاس فى كامبوف .

---

(١) pitchblende



ويوجد اليورانيت مختلطا فى هذه المناجم بمعادن يورانيوم متأكسدة وذات ألوان زاهية تستلفت النظر منها الأوتونيت وهو أصفر فاقع اللون وكذلك الكوريت ( نسبة إلى مدام كورى ) ويضرب لونه إلى الحمرة أو الصفرة القاتمة . ومن المسلم به جيولوجيا أن هذه المناجم تتصل نشأتها بمناجم النحاس الكبيرة فى كاتانجا بالكنغو البلجيكية وأنها تكونت معها فى وقت جيولوجى واحد من محاليل مجماتية[1] متصاعدة تحمل مواد منصهرة من مواد القشرة الأرضية . وقبل سنة ١٩٣٨ كانت خامات اليورانيوم التى يحصل عليها من الكنغو البلجيكية ترسل إلى «أولن» فى بلجيكا لتحليلها وتنقيتها وتحتوى هذه الخامات على نحو ٤٠ ٪ من أوكسيد اليورانيوم كما تحتوى أيضا على عنصر الراديوم . وقد كانت بلجيكا تحتكر عنصر اليورانيوم تقريبا إلى سنة ١٩٣٠ عندما اكتشفت مناجم جديدة فى منطقة بحيرة الدب الأكبر فى الجزء الشمالى الغربى من كندا وتقع هذه المناجم داخل الدائرة القطبية الشمالية . وقد كان الكشف عن هذه المناجم عملا من الأعمال العظيمة فى تاريخ التعدين يرجع الفضل فيه إلى علماء الجيولوجيا والمهندسين فى كندا ، وبالكشف عنها انخفض ثمن الراديوم بمقدار ٦٢ ٪ . وتوجد الرواسب المعدنية فى مناجم بحيرة الدب الأكبر بين صخور متحولة وراسبية عند مناطق اتصالها بأحجار الجرانيت المتدخلة فيها . ويوجد مع البتش بلند فضة خالصة كما يوجد أيضا أرسينور النيكل والكوبالت الذى تكون من محاليل معدنية حارة تدفقت فى العصور الجيولوجية الماضية

---

(١) magmatic

بين الصخور النارية . وتحتوى الخامات على نسبة عاليه من اليورانيوم . وتركز هذه الخامات ثم ترسل بالطائرات إلى أقرب محطة سكة حديدية ومن هنالك ترسل إلى ( بورت هوب ) فى أونتاريو من أعمال كندا لتنقيتها واستخلاص اليورانيوم والراديوم منها . وقبل استغلال مناجم الكنغو البلجيكية عام ١٩٢٣ كان معظم اليورانيوم والراديوم فى العالم يستخرجان من معدن الكارنوتيت فى مناجم منطقة « كلورادو » و « أوتا » بالولايات المتحدة . والكارنوتيت معدن أصفر اللون ويحتوى على عنصر الڤاناديوم ويوجد على شكل كتل مسحوقة فى الصخور الرملية اليوراسية . ولا تزال كميات كبيرة من اليورانيوم تستخرج من معدن الكارنوتيت من هذه المناجم ، أما كمية الراديوم المستخرج منها فقد تضاءلت كثيراً .

ومن أشهر مناجم اليورانيوم مناجم « يواخيمستال »(١) فى تشيكوسلوفاكيا ولا تزال هذه المناجم تنتج كميات صغيرة من معادن اليورانيوم والراديوم مستخرجة من عروق صخرية تحتوى على الكوبالت والنيكل والفضة . فمعدن البتش بلند الذى استخدمته مدام كورى وزوجها فى تجاربهما المشهورة عام ١٨٩٨ واستخرجت منه عنصر الراديوم لأول مرة ، هذا المعدن كان مستخرجا من مناجم «يواخيمستال» . وقد استخرجت كميات صغيرة من اليورانيوم والراديوم من مناجم القصدير فى « كورنوول » فى انجلترا ، كما أن البرتغال تنتج كميات صغيرة من البتش بلند والأوتونيت .

(١) Ioachimslal



## إنتاج العالم من اليورانيوم :

كانت خامات الكارنوتيت المستخرجة من الولايات المتحدة هى المصدر الرئيسى لليورانيوم قبل سنة ١٩٢٣ ثم اكتشفت مناجم الكنغو البلجيكية الغنية بمعدن اليورانيت فازداد إنتاجها حتى فاق إنتاج الولايات المتحدة ، فلما اكتشفت مناجم بحيرة الدب الأكبر فى كندا صارت كندا أول الدول المنتجة لليورانيوم فى العالم . وفى عام ١٩٣٨ أنتجت كندا ٣٦٠ ألف كيلو جراماً من أملاح اليورانيوم ، كما أنتجت أيضاً ٧٥ جراماً من الراديوم . وفى نفس السنة أنتجت الولايات المتحدة نحو ٢٤ ألف كيلو جراماً من اليورانيوم ومعها نحو ٨ جرامات من الراديوم . أما إنتاج الكنغو البلجيكية من اليورانيوم فلم تنشر عنه أرقام إحصائية ولكنه يقدر إلى أول الحرب بنحو ثلثى إنتاج كندا .

## هل يوجد الأورانيوم فى مصر ؟

إن العمل الذى قام به علماء الجيولوجيا والمهندسون فى كندا والذى أدى إلى العثور على مناجم بحيرة الدب الأكبر الغنية بعنصر اليورانيوم ، إن هذا العمل لأكبر حافز لنا على البحث عن هذا العنصر فى صحارينا المصرية بعد أن صارت له هذه الأهمية الكبرى فى حياة الأمم . وقد سبقت الإشارة إلى أن اليورانيت أو البتش بلند يوجد فى صخور الجرانيت وفى بعض العروق المعدنية التى تحمل القصدير والنحاس والرصاص وأنه تكون فى العصور الجيولوجية من محاليل بخمانية . ومن

الثابت أن القصدير والنحاس والرصاص موجود فى الصحراء المصرية كما أن من الثابت أيضا أن طريقة تكون معادن بعضها حدثت بالقرب من الصخور الجرانيتية المجماتية . فخامات القصدير مثلا التى عثر عليها فى عام ١٩٣٤ فى منطقة جبل مويلح قد تكونت فى الغالب من حجر الجرانيت بفعل غازات وأبخرة بطريقة مشابهة لتكون اليورانيت . وإننى أبدى هذه الآراء بكل تحفظ تاركا الرأى الأخير لعلمائنا الچيولوچيين ومهندسينا . وإذا كانت خامات اليورانيوم تنقل بالطائرات فى كندا فليس هناك ما يمنع من استخدام نفس الطريقة فى مصر إذا عثر على هذا العنصر الحيوى فى مناطق منعزلة أو صعبة المواصلات .

## أصناف اليورانيوم :

سبقت الاشارة إلى أن العنصر الواحد قد تكون له أصناف متعددة تتفاوت فى أوزان ذراتها مع اتحادها فى عددها الذرى أى فى عدد وحدات الكهرباء التى تحملها النواة . والعدد الذرى لليورانيوم هو ٩٢ وإذن فنواة اليورانيوم تحمل ٩٢ وحدة من وحدات الكهرباء الموجبة ويحيط بها ٩٢ إلكترونا ، ولكن ما وزنها ؟

إن وزنها إلى حد ما نعلم إما أن يكون ٢٣٤ أو ٢٣٥ أو ٢٣٨ وهذه إذن هى أوزان أصناف اليورانيوم الثلاثة المعروفة . ويمكن الرمز على هذه الأصناف بالرموز « يو ٢٣٤ » و « يو ٢٣٥ » و « يو ٢٣٨ » على الترتيب ويكون معنى « يو ٢٣٤ » صنف اليورانيوم الذى وزن ذرته



٢٣٤ ومعنى « يو ٢٣٥ » صنف اليورانيوم الذرى وزن ذرته ٢٣٥ ومعنى « يو ٢٣٨ » صنف اليورانيوم الذى وزن ذرته ٢٣٨ . وتمتزج هذه الأصناف بالنسب المبينة فيما يأتى :

يو ٢٣٤ بنسبة ٠,٠٠٦٪

« ٢٣٥ « ٠,٧١ «

« ٢٣٨ « ٩٩,٢٨ «

ومن ذلك يتضح أن الصنف الأخير يتغلب على الصنفين الآخرين تغلبا كبيراً وأن الصنف « يو ٢٣٥ » يوجد بنسبة سبعة فى الألف تقريبا. فكل كيلو جرام من اليورانيوم يحتوى على ٧,١ جرام من « يو ٢٣٥ »

## أصناف اليورانيوم وتحولات النواة :

سبق القول بأن نواة اليورانيوم إذا أطلقت عليها نيوترونات انفلقت فلقتين ، والسؤال الذى يخطر بالبال هو ما الذى يحدث لكل صنف من أصناف اليورانيوم ؟ وهل تتأثر كلها بدرجة واحدة ؟ ثم إن النيوترونات التى استخدمها هاهن واشتراسمان كانت نيوترونات بطيئة أو نيوترونات حرارية كما تسمى ، فما هو تأثير بطء النيوترونات وسرعتها فى عملية الانقسام ؟ لقد كانت سنة ١٩٤٠ هى السنة الفاصلة فى الإجابة عن هذا السؤال إذ نشرت أبحاث لكل من نير (١) وبوث (٢)

---

(١) A. O. Nier

(٢) T. T. Bwoth

وكنجدون[١] وغيرهم فى أمريكا دلت كلها على أن الصنف « يو ٢٣٥ » هو الذى تنفلق ذراته بفعل النيوترونات البطيئة . فقد فصل هؤلاء البحاثون أصناف اليورانيوم بوساطة مطياف الكتلة وشاهدوا أثر النيوترونات فى كل منها على حدة . فالصنف « يو ٢٣٥ » إذن هو المادة السحرية التى يمكن أن تحل بها سلسلة من التحولات بفعل النيوترونات البطيئة فتفتح لنا خزائن الطاقة فى باطن المادة . وقد وجد الباحثون أن الصنف « يو ٢٣٤ » لايكاد يتأثر بالنيوترونات كما وجدوا أن الصنف « يو ٢٣٨ » وهو الصنف المتغلب فى العنصر يتأثر بفعل النيوترونات السريعة .

### فلق النواة بطرق أخرى :

وقد نجح بعض الباحثين فى فلق النواة بطرق أخرى غير إطلاق النيوترونات عليها منهم جانت[٢] الذى استخدم ديبلونات وكذلك « فيرمى » الذى استخدم جسيمات ألفا إلا أنه حتى عام ١٩٤٣ لم تكن هذه الأبحاث قد نشأ عنها احتمال إطلاق الطاقة من عقالها .

### سرعة النيوترونات وبطؤها :

ومن الصعوبات التى قامت فى سبيل الحصول على الطاقة الذرية باطلاق النيوترونات على اليورانيوم أن النيوترونات الصادرة عن فلقى النواة هى نيوترونات سريعة وليست نيوترونات بطيئة أو حرارية كالتى استخدمها

---

(١) K. H. Kingdou

(٢) D. H. I. Gont



هاهن واشتراسمان فى تجاربهما . وقد اقترح أدلر[١] إضافة عنصر الكادميوم إلى اليورانيوم لانقباض سرعة النيوترونات وتقريبها من السرعات الحرارية .

### فصل الصنف « يو ٢٣٥ » :

لما كان الصنف « يو ٢٣٥ » هو العامل الأساسى فى عملية استخراج الطاقة الذرية لدلك كان من المهم تركيز هذا الصنف أو إذا أمكن تحضيره بصورة نقية وهو موجود كما سبق القول بنسبة ٧,١ فى الألف فى اليورانيوم العادى وعملية فصله أو عزله تكتنفها صعوبات جمة وخاصة بسبب ارتفاع الوزن الذرى لليورانيوم وبذلك لا يكون الفرق النسبى فى الوزن بين « يو ٢٣٥ » و « يو ٢٣٨ » إلا نحو ١,٣ ٪ .

---

(١) Adler

# الفصل الثامن

## التنفيذ العملى

### تقرير لجنة السير جورج طومسون :

ورد فى الأخبار على لسان رئيس وزراء انجلترا أنه فى صيف سنة ١٩٤١ استطاعت لجنة السير جورج طومسون(١) أن تذكر فى تقريرها أنها ترى ثمة فرصة معقولة لإنتاج القنبلة الجديدة قبل نهاية الحرب وورد أيضاً أن القرار استقر فى عام ١٩٤٢ على إنشاء مصانع الإنتاج على مدى واسع فى أمريكا وأن حكومة كندا كانت تقوم بإمداد المصانع بالمواد الخام التى لم يكن للمشروع غنى عنها . ومع أن تقرير السير جورج طومسون لم تنشر تفاصيله إلا أن من السهل أن نتكهن بخلاصة ما بنى عليه هذا التقرير . فخلاصة الموقف فى سنة ١٩٤١ عند ما قدمت لجنة السير جورج طومسون تقريرها كانت ما يأتى :

أولا : ثبت له أن أحد أصناف اليورانيوم وهو الصنف «يو ٢٣٥» إذا أطلقت على ذراته نيوترونات بطيئة انبعثت منها طاقة تقدر بنحو ١٦٠ أو ١٧٠ مليون ڤولت إلكترونى .

ثانياً : ثبت أن انبعاث هذه الطاقة يصحبه انبعاث نيوترونات جديدة مما يبعث على الأمل فى تسلسل التفاعلات أى فى الحصول على الطاقة بمدى واسع .

(١) sir G.P Thomson وهو نجل السير (J. J. Thamson) الذى سبقت الاشارة اليه



ثالثاً : سرعة النيوترونات الجديدة أكثر مما يجب وهناك اقتراحات عملية من شأنها أن تخفض سرعة النيوترونات إلى الحد المطلوب .

رابعاً : يستخرج اليورانيوم من منطقة بحيرة الدب الأكبر فى كندا حيث تعتبر مناجم هذه المنطقة أغنى مناجم العالم المعروفة بهذه المادة .

خامساً : الصنف «يو ٢٣٥» ، وهو الصنف الفعال فى استخراج الطاقة موجود فى اليورانيوم بنسبة ٧,١ فى الألف وعملية عزله أو تحضيره بصورة نقية عملية شاقة وبطيئة وكثيرة التكاليف ولكنها ممكنة .

سادساً : ربما يؤدى البحث إلى استخراج الطاقة الذرية باستخدام جسيمات أخرى غير النيوترونات مثل جسيمات ألفا والديبلونات . وتوجد وسائل أهمها جهاز السيكلوترون لاستحداث هذه الجسيمات بسرعات عظيمة .

### مادة القنابل الذرية :

وقد أعلن من محطة راديو لندن أن المادة التى استخدمت فعلا فى صنع القنابل الذرية هى الصنف «يو ٢٣٥» لليورانيوم ويجوز لنا أن نستنتج من ذلك أن جزءاً أساسياً من المصانع التى شيدوها يقصد به إلى تحضير هذا الصنف من اليورانيوم وهو موجود كما تقدم بنسبة ٧,١ فى الألف . والذى يتصوره الانسان هو أن اليورانيوم المستخرج من بحيرة الدب الأكبر فى كندا ينقل بالطائرات إلى هذه المصانع الجديدة حيث يستحضر منه الصنف «يو ٢٣٥» .

أما عن طريقة تحضير هذا الصنف وفصله عن الصنف المتغلب «يو ٢٣٨» فقد سبقت الإشارة إلى استخدام جهاز مطياف الكتلة لهذا

الغرض . كما سبقت الإشارة أيضاً إلى إمكان استخدام بعض الطرق الأخرى كطريقة الانتشار وطريقة التحليل الكهربائي المتكرر . ولا بد أن تكون إحدى هذه الطرق ولعلها طريقة مطياف الكتلة هي التي تستخدم فعلا في تحضير « يو ٢٣٥ » في المعامل الأمريكية .

## طاقة القنبلة ووزنها :

سبقت الإشارة إلى أن هندرسون قدر للطاقة الناشئة عن فلق ذرة اليورانيوم ١٧٥ مليون ڤولت إلكتروني وأن كابز قدر لها ١٥٩ مليون ڤولت إلكتروني وقد أجريت تجارب أخرى لتقدير هذه الطاقة فجاءت كلها قريبة من ذلك . وإذا حسبنا الطاقة على أساس ١٦٠ مليون ڤولت إلكتروني كرقم تقريبي فإن ذلك يعادل ما يقرب من ٢٠ ألف كيلوواط ساعة عن كل جرام من مادة اليورانيوم . ولما كان الطن من المواد المتفجرة كالديناميت وما إليه تقدر طاقته بنحو ١٠ آلاف كيلوواط ساعة فإن طاقة الجرام الواحد من مادة هذه القنابل الجديدة تعادل طاقة نحو ٢ طن من المتفجرات الكيمائية . وقد ورد في الأخبار أن فتك القنبلة الذرية التي ألقيت على هيروشيما يزيد على فتك ٢٠ ألف طن من الديناميت . وهذا الرقم يمكننا من تقدير وزن اليورانيوم في القنبلة الذرية، فهذا الوزن يساوي إذن نحو عشرة كيلو جرامات أي نحو ٢٢ رطلا .

## طاقة القنبلة منسوبة إلى طاقة ذراتها :

أشرت فيما تقدم إلى أن الطاقة المختزنة في بواطن ذرات جرام واحد من المادة تعدل نحو ٢٥ مليون كيلوواط ساعة ، ولما كانت طاقة القنبلة



الذرية تعدل نحو ٢٠ ألف كيلوواط ساعة كما تقدم فإن الطاقة التي استخلصت من ثنايا المادة في القنابل التي ألقيت على اليابان لا تزيد على جزء من ألف جزء من الطاقة المختزنة في المادة ، فالخزانة إذن لاتزال عامرة بالطاقة ، والقنابل التي روّع العالم فتكها ليست إلا شيئاً صغيراً بالنسبة إلى الطاقة الذرية .

وبهذه المناسبة أذكر أن نفس النسبة وهي واحد في الألف أو ١/١٠ ٪ قد وردت في الأخبار التلغرافية وهذا مما يعزز ظني بأن أساس عمل القنابل الذرية هو فعل النيوترونات بنواة اليورانيوم .

## مسألة سرعة النيوترونات :

أما مسألة سرعة النيوترونات وتخفيضها إلى الحد المطلوب فإن حلها لايزال سراً من الأسرار . هل أضيف الكادميوم إلى اليورانيوم كما اقترح « أدلر » ، أم هل كشف عن طريقة أخرى ؟ إن شيئاً واحداً محقق وهو أن المسألة قد حلت وأغلب الظن أن حل هذه المسألة سيؤدي إلى تطورات جديدة في علم الطاقة الذرية . فإن أثرها لا يقف عند حد صنع القنابل بل يتعداها إلى الدائرة الاقتصادية والعمرانية إذ يمكننا من تقييد الطاقة واستخدامها في المحركات الميكانيكية .

## التطبيق الاقتصادي :

وإذا كانت الطاقة الذرية قد طلعت على الناس في شكل قنبلة مدمرة فإن هذا لا يجب أن ينسينا النواحي الاقتصادية والعمرانية التي يمكن أن تستخدم فيها هذه الطاقة . فقد أصبح في مقدورنا أن نستخرج من كيلوجرام

واحد من المادة مايعدل بحصول ٢٠٠٠ طن من أجود أنواع الوقود . وإذا كنا قد حصلنا على هذه الطاقة على شكل انفجار هائل فانما يرجع ذلك إلى أننا أردنا أن نحصل عليها على هذه الصورة . فبذلت الجهود ووجهت نحو هذا الغرض .

أما وقد حل السلام وظهرت الحاجة الملحة إلى التعمير بدلا من التدمير فانى لاأشك فى أن الجهود ستتجه إلى استخدام الطاقة الذرية كأداة محركة فى الآلات الميكانيكية . كما أننى لا أشك أيضا فى أن التطورات الهندسية ستكون مملوءة بالمفاجآت . فتجربة واحدة من نوع تجربة هاهن واشتراسمان قد تقلب الموقف رأساً على عقب .

ومن يعش ير !!

## خاتمة

وبعد ، فأين نحن من هذا كله ؟ لطالما ناديت ونادى غيرى بأن العناية بأمر العلم قد صارت ضرورة من ضرورات الحياة فى كل أمة ، فهل يصل دوى القنابل الذرية إلى آذاننا فيزيل مابها من وقر وهل يصل بريقها إلى أعيننا فيزيل ماعليها من غشاوة ؟ ! أم على قلوب أقفالها ؟

وهل يظن ساستنا حقاً أنهم يستطيعون أن يصلوا إلى شىء ونحن عزل من العلم وأسلحته ؟ ! لقد أخبرنا رئيس الولايات المتحدة أنهم أنفقوا ألفى مليون دولار فى الأبحاث العلمية التى تفيد الحرب معتمدين على معونة العلماء. فكم مليوناً بل كم ألفاً خصصنا فى ميزانيتنا للبحوث العلمية ؟

إن خير وسيلة لاتقاء العدوان أن تكون قادراً على رده بمثله وينطبق ذلك على الأسلحة العلمية أكثر من انطباقه على أى شىء آخر . فالإيطاليون قد استخدموا الغازات السامة ضد الأحباش لأن الأحباش لم يكونوا يملكون استخدامها ضدهم ولم يتجاسر الألمان فى استخدام الغازات السامة ضد الانجليز لأن الانجليز يستطيعون أن يكيلوا لهم الصاع بمثله . فالمقدرة العلمية والفنية قد صارتا كل شىء . ولو أن الألمان توصلوا إلى صنع القنبلة الذرية قبل الحلفاء لتغيرت نتيجة الحرب .

ولندع الحديث عن الحرب جانباً . أليست أمامنا مشكلات السلم ؟

لقد ذكرت فى كتابى هذا أن الطاقة الميكانيكية مقياس لحضارة الأمة وأن كل فرد من أفراد أوروبا وأمريكا تسخر له ألفا وحدة من وحدات الطاقة الميكانيكية فكأنها الخيول المطهمة تروح وتغدو فى خدمته . فكم وحدة من وحدات الطاقة الميكانيكية تسخر للفرد فى مصر ياترى ؟ !

إنها لاتعد بالألوف ولا بالمئات بل ولا بالعشرات . وإذا أتم مشروع الكهربا. من خزان أسوان فإن مايخص الفرد منه لايعدو ١٢٠ وحدة من وحدات الطاقة ، ولا إخالنا نملك الآن عشر هذا المقدار . فمن أين يأتى الغذاء والكساء والدواء لهذه الملايين من البطون الجائعة والأجسام العارية العليلة ؟ !

أم إنها ألفاظ نتشدق بها ونقول بألسنتنا ماليس فى قلوبنا ؟ !

وهذه الثروة المعدنية المبعثرة فى صحارينا متى ننظر اليها ونعنى بتحصيلها ؟!

أم يصدق علينا قول الشاعر :

كالعيس فى البيداء يقتلها الظما والماء فوق ظهورها محمول

وأن رقة حالتنا المادية لتهون إلى جانب تجزئنا المعنوى . فالعلماء الذين قاموا بتسخير الطاقة الذرية لخدمة بلادهم إنما فعلوا ذلك بباعث من الإيمان، الإيمان بحق وطنهم عليهم وحق هذا الوطن فى أن يحيا وأن يحتفظ بمثله الروحية والاجتماعية . ونحن قوم لوطننا حق قديم علينا لعله أقدم الحقوق جميعاً ولنا ثقافة تليدة يحق لنا أن نفتخر بها . أفلم يأن لها أن تفخر هى بنا ؟



وهذه الطاقة الذرية الهائلة المروعة ما ذا يكون نصيبنا منها ؟ !

لقد دللت فى الفصل السابع من هذا الكتاب على احتمال وجود اليورانيوم فى الصحارى المصرية فماذا نحن فاعلون ؟ !

لعل كثرة النفقات وغيرها من الأعذار الواهية تستحى من الناس — إن لم تستح من الله — وقد صار الكيلوجرام الواحد يعدل ألفى طن من الوقود .

إن الشعب المصرى والحكومة المصرية والبرلمان المصرى يجب أن يضعوا هذه الأمور فى المرتبة الأولى من مراتب عنايتهم ورعايتهم فهل هم فاعلون ؟ !

أرجو .. وأرجو ألا يطول بى الرجاء ! !